ماهیت کیهان

نویسنده: مارتین ریس

مترجمین:

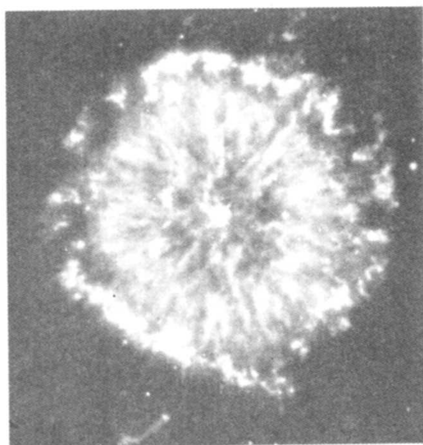
دکتر مهدی خاکیان قمی

محمد حسین پورعباس



ماهیت کیهان

نگاهی به
ساختارهای کیهان از کوارک ها تا کهکشان ها
تاریخچه کیهان از انفجار بزرگ تا رمبش بزرگ
چشم انداز کیهان از روی زمین



نویسنده: مارتین ریس
مترجمان: دکتر مهدی خاکیان قمی
محمد حسین پورعباس

سرشناسه	: ریس، مارتین ج، ۱۹۴۲ م Rees, Martin
عنوان و نام پدیدآور	: ماهیت کیهان / نگاهی به ساختار کیهان از کوارک تا کهککشان ها، تاریخچه کیهان از انفجار بزرگ تا فروپاشی بزرگ، چشم‌انداز کیهان از روی زمین نویسنده: مارتین ریس؛ ترجمه: محمد حسین پورعباس، مهدی خاکیان قمی
مشخصات ناشر	: تهران: سبزان، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	:۱۱۲ ص. مصور
شابک	: ۳-۰۷۱-۱۱۷-۶۰۰-۹۷۸
وضعیـت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Universe , 2008
یادداشت	: واژه نامه
یادداشت	: نمایه
عنوان دیگر	: نگاهی به ساختار کیهان از کوارک‌ها تا کهکشان‌ها، تاریخچه کیهان از انفجار بزرگ تا فروپاشی بزرگ، چشم‌انداز کیهان از روی زمین
موضوع	: کیهان شناسی
موضوع	: ستاره ها
شناسه افزوده	: پورعباس، محمدحسین، مترجم
شناسه افزوده	: مهدی خاکیان قمی
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ۲م۹ر / QB ۹۸۰
رده بندی دیویی	: ۵۲۰
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۷۲۱۲۹۱



انتشارات سبزان

میدان فردوسی ـ خیابان فرصت ـ ساختمان ۵۴ تلفن: ۸۸۸۴۷۰۴۴-۸۸۳۱۹۵۵۸

ماهیت کیهان

نویسنده: مارتین ریس

مترجمین: محمد حسین پورعباس

دکتر مهدی خاکیان قمی

(عضو هیات علمی دانشگاه صنعتی امیر کبیر)

ناشر: سبزان با همکاری آمه

حروف‌چینی، طراحی و لیتوگرافی: دفتر فنی سبزان

۸۸۳۴۸۹۹۱ - ۸۸۳۱۹۵۵۷

صفحه آرا: فاطمه ایمنی

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱

تیراژ: ۲۰۰۰ جلد

قیمت: ۳۸۰۰ تومان

چاپ و صحافی: معراج

فروش اینترنتی و online از طریق سایت‌آی‌آی کتاب www.iiketab.com

شابک: ۳-۰۷۱-۱۱۷-۶۰۰-۹۷۸ ISBN: 978-600-117-071-3

فهرست

مقدمه

به نام آنکه جان را فکرت آموخت

دانایی، توانایی است

یادگیری علم و مطالعهٔ تاریخ گذشتگان، در واقع استفاده از تجربیات همهٔ کسانی است که پیش از ما زندگی کرده و رنج و زحمتی را برای کسب تجربه، متحمل شده‌اند. ما با مطالعهٔ صحیح تاریخ و با استفادهٔ درست از علم در واقع با بهره گیری از تجربیات گذشتگان توانایی‌های خودمان را افزایش داده و دنیایی زیبا، آرام و دلنشین را برای خود و دیگران مهیا خواهیم ساخت.

انتشارات سبزان با آماده سازی و گردآوری مجموعه‌های متنوع در شاخه‌های گوناگون علم و تاریخ تمدن ملل مختلف، سعی دارد از این طریق گامی هرچند کوچک، در جهت افزایش دانستنی‌ها و دانش نسل جوان بردارد و در حد وسع و توانایی خود بر معلومات آنها بیفزاید. جا دارد از کوشش نویسندگان و مترجمان گرانقدر که در آماده سازی این مجموعه ما را یاری کرده‌اند تشکر نموده و دست یاری به سوی همه کسانی دراز کنیم که می‌توانند در رشد و اعتلای این مجموعه به کمک ما بشتابند. بدون شک با گسترش حیطهٔ همکاران خود، سریع تر و بهتر به سر منزل مقصود خواهیم رسید.

فصل اول: کیهان چیست؟

با احتیاط می‌توان خوشبین بود گه احتمالا به پایان راه جست و جوی قوانین نهایی طبیعت نزدیک شده ایم.

استیفن هاوکینگ

کیهان مجموعه همهٔ چیزهایی است که وجود دارند، یعنی کل فضا و زمان و همه ماده و انرژی درون آن. کیهان به طور ناشناخته‌ای پهناور و بیکران است و از زمانی که شکل گرفته است در حال انبساط بوده و هست. در این انبساط، نواحی دور از هم با سرعتی در حد سرعت نور و در برخی موارد احتمالاً بیشتر از آن، از هم دورتر می‌شوند. کیهان هر چیزی از کوچکترین اتم‌ها گرفته تا بزرگترین خوشه‌های کهکشانی را شامل می‌شود و با این حال به نظر می‌رسد که همه چیز تحت حاکمیت قوانین اساسی یکسانی هستند.

تمام مادهٔ مرئی (که تنها درصد کوچکی از مجموع ماده است) از بخش‌های زیراتمی یکسانی ساخته شده و نیروهای بنیادین یکسانی بر همهٔ اندرکنش‌های بین این عناصر حاکم هستند.

آگاهی از این اصول حاکم بر کیهان– از نسبیت عام تا فیزیک کوانتومی – دانش کیهان شناسی را تشکیل می‌دهد؛ یعنی مطالعهٔ کیهان به عنوان یک نهاد و وجود.

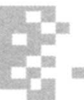
کیهان شناسان امیدوارند تا به سؤالاتی از این قبیل پاسخ دهند که:

ابعاد کیهان چقدر است؟چقدر عمر دارد؟ و در بزرگترین مقیاس چگونه کار می کند؟



موج ضربه در اطراف یک ستاره ◀

این تصویر اسرارآمیز از سحابی جبار، نشان می‌دهد که چگونه ماده و تابش در یک مقیاس ستاره‌ای اندرکنش دارند. ستاره‌ای که توسط گاز و غبار احاطه شده است با باد تندی از ذرات که از یک ستاره جوان درخشان (بیرون از تصویر) می‌وزد، روبرو شده است. در اطراف ستاره یک موج ضربه‌ای گازی هلالی شکل گرفته است، مثل آبی که در جلوی دماغهٔ یک قایق پس زده می‌شود.



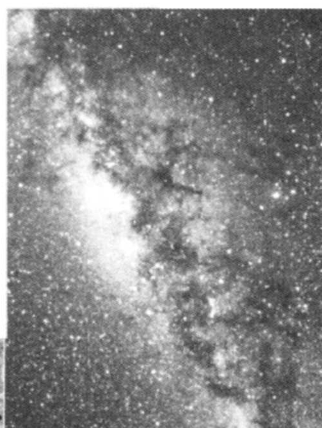
مقیاس کیهان

هر چیزی درون کیهان بخشی از چیزی بزرگتر است. ممکن است درک مقیاس زمین و ماه برای ذهن بشر نسبتا آسان باشد. اما حتی نزدیکترین ستاره هم به طور غیر قابل تصوری دور است و دورترین کهکشان‌ها میلیاردها بار از این هم دورتر هستند. کیهان شناسان که اندازه و ساختار کیهان را مطالعه می‌کنند از مدل‌های ریاضی برای ساختن تصویری از مقیاس بزرگ کیهان استفاده می‌کنند.

اندازهٔ کیهان

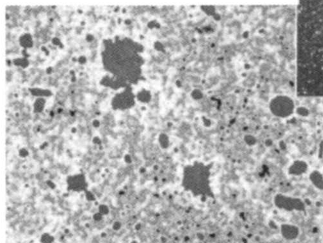
کیهان شناسان ممکن است هرگز نتوانند به طور دقیق تعیین کنند که کیهان چقدر بزرگ است. کیهان می‌تواند بی کران باشد. این امکان هم وجود دارد که کیهان حجم محدودی داشته باشد. اما حتی یک کیهان محدود هم مرکز یا مرزی ندارد و بر روی خودش خمیده خواهد بود. بنابراین به صورتی باطل نما، جسمی که در یک جهت در حال حرکت است، در نهایت دوباره در جهت مخالف ظاهر خواهد شد. آنچه مشخص است این است که کیهان در حال انبساط است و از زمان خاستگاهش در انفجار بزرگ در ۱۳/۷ میلیارد سال پیش به همین حالت بوده است.

کیهان شناسان می‌توانند با مطالعهٔ الگوهای تابش باقیمانده از انفجار بزرگ، اندازهٔ حداقلی کیهان را تخمین بزنند. این اندازه باید مقداری محدود از کار درآید. برخی از بخش‌ها باید اندازه‌ای حداقل حدود ده‌ها میلیارد سال نوری داشته باشند. می‌دانیم که یک سال نوری فاصله‌ای است که نور در طی یک سال می‌پیماید (یعنی ۹/۴۶۰ هزار میلیارد کیلومتر یا ۵/۸۷۸ هزارمیلیارد مایل). کیهان به صورت تحیرآوری بزرگ است.



◄ چشم انداز از زمین

کهکشان راه شیری یک ساختار سه بعدی پیچیده است، اما از جایگاه ما در درون آن، این کهکشان به صورت یک نوار دو بعدی در پهنهٔ آسمان به نظر می‌رسد.



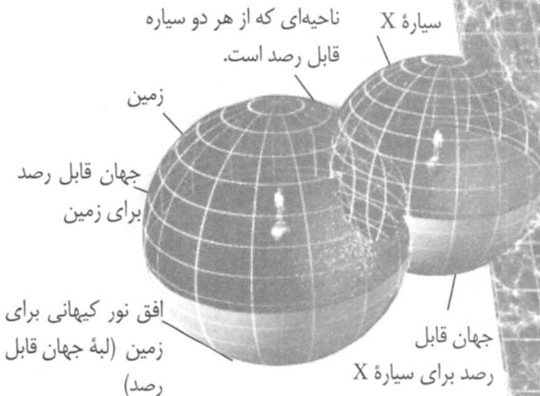
اجرام دوردست ►

بخش‌های قرمز (تیره) در این تصویر تلسکوپ فضایی هابل (رنگ‌ها ساختگی است) برخی از دوردست‌ترین اجرامی هستند که تاکنون شناسایی شده‌اند. نور آن‌ها در حدود ۱۳ میلیارد سال پیش سفرشان را شروع کرده‌اند.

راه شیری

کهکشان کوتولهٔ دب اصغر

۱۰ میلیون سال نوری



از خانهٔ ما زمین تا ابرخوشه‌ها

کیهان دارای سلسله مراتبی از ساختارهاست. زمین به عنوان عضوی از منظومهٔ شمسی درون راه شیری جای گرفته که خود بخشی از گروه محلی است. گروه محلی تنها بخشی از یکی از میلیون‌ها ابرخوشهٔ کهکشانی است که در قالب صفحه‌ها و رشته‌هایی در سرتاسر جهان قابل رصد گسترده شده‌اند.

هم پوشانی جهان‌های قابل مشاهده

زمین و سیارهٔ X (سیاره‌ای خیالی با حیات هوشمند که ده‌ها میلیارد سال نوری دورتر از ما واقع شده است) جهان‌های قابل رصد متفاوتی خواهند داشت. این جهان‌ها ممکن است همان گونه که در این جا نشان داده شده همپوشانی داشته باشند و شاید هم نداشته باشند.

کهکشان NGC147
کهکشان NGC185
کهکشان امراه المسلسله در فاصلهٔ ۲/۶۵ میلیون سال نوری از راه شیری.
امراه المسلسله I
امراه المسلسله II
امراه المسلسله III
کهکشان مثلث

زمین و ماه

قطر زمین برابر ۱۲۷۶۰ کیلومتر است در حالی که قطر مدار حرکت ماه به دور زمین در حدود ۷۷۰۰۰۰ کیلومتر است. دو تا سه روز طول می‌کشد تا کاوشگر فضایی که به ماه فرستاده می‌شود، به آنجا برسد.

ستارهٔ ما، خورشید درون بازوی جبار در راه شیری قرار دارد، جایی که در حدود ۲۶۰۰۰ سال نوری از مرکز کهکشان فاصله دارد.

هستهٔ کهکشانی

آلفا قنطورس
خورشید
شعرای یمانی
۵۰۰۰۰ سال نوری
پنج سال نوری
کمربند سیارکی
خورشید
زمین
مدار پلوتو
یک ساعت نوری
زمین
۰/۵ ثانیهٔ نوری

ماه در مداری که کمی بیضوی است به دور زمین حرکت می‌کند.

راه شیری

منظومه شمسی و همسایگان ستاره‌ای آن بخش کوچکی از کهکشان راه شیری هستند. این کهکشان، قرصی متشکل از ۲۰۰ میلیارد ستاره و مقادیر چشمگیری از ابرهای گاز و غبار است. راه شیری بیش از ۱۰۰۰۰۰ سال نوری قطر دارد و دارای یک سیاهچاله‌ی بسیار پرجرم در هستهٔ مرکزی‌اش است.

منظومهٔ شمسی

سیستم زمین و ماه بخشی از منظومهٔ شمسی است. منظومهٔ شمسی خود شامل ستارهٔ محلی ما (خورشید) و همهٔ اجرامی است که به دور آن می‌گردند که از جملهٔ آن‌ها دنباله دارهایی با فاصلهٔ ۱/۶ سال نوری دورتر و نپتون به عنوان بیرونی‌ترین سیاره با فاصلهٔ متوسط ۴/۵ میلیارد کیلومتر از خورشید است.

همسایگی ستاره‌ای

نزدیکترین سیستم ستاره‌ای نسبت به خورشید یعنی آلفا قنطورس در فاصلهٔ ۴/۳۵ سال نوری یا به عبارتی ۴۰ تریلیون کیلومتر دورتر از آن قرار دارد. درون ناحیه‌ای با فاصلهٔ ۲۰ سال نوری از خورشید، ۷۹ سیستم ستاره‌ای قرار دارند که در بردارندهٔ ۱۰۶ تک ستاره هستند. مجموع این تعداد شامل ستاره‌های دوتایی هم می‌شود که درون یک سیستم قرار می‌گیرند. این ستاره‌های دوتایی شامل شعرای یمانی یعنی درخشان‌ترین ستاره در آسمان هم می‌شود. بیشتر ستاره‌های باقی مانده کوچک، کم نور و جزء ستارگان قرمز هستند.

جهان قابل رصد

گرچه جهان لبه‌ای ندارد و ممکن است بی کران باشد، اما آن بخشی از جهان که دانشمندان از آن آگاهی دارند، خمیده و محدود است.

این بخش که جهان قابل رصد نامیده می‌شود یک ناحیهٔ کروی است که در آن از زمان شروع عالم، نور و وقت کافی برای رسیدن به ما را داشته است.

مرزی که این ناحیه را از بقیهٔ جهان جدا می کند افق نور کیهانی نامیده می‌شود. نوری که از جرمی در فاصله بسیار نزدیک به این افق به زمین می‌رسد باید در طول بیشتر عمر کیهان که تقریبا ۱۳/۷ میلیارد سال است، در راه بوده باشد. این نور باید فاصله‌ای در حدود ۱۳/۷ میلیارد سال نوری را پیموده باشد تا به زمین برسد. چنین فاصله‌ای می‌تواند به عنوان عقب گرد فاصله‌ی زمان مسافرت نور بین زمین و این جسم دوردست تعریف شود. با این حال فاصلهٔ واقعی بسیار بزرگتر از این است. زیرا از زمانی که نور (نوری که به زمین می‌رسد) این جسم را ترک کرده، این جسم هم به وسیلهٔ انبساط کیهان به جایی بسیار دورتر منتقل شده است.

۱ - گروه محلی کهکشان‌ها

راه شیری یکی از اعضای خوشه‌ای از کهکشان‌ها به نام خوشه محلی است. این خوشه ناحیه‌ای با وسعت ۱۰ میلیون سال نوری را اشغال می‌کند.گروه محلی دربردارندهٔ ۴۶ کهکشان است که تنها یکی از آن‌ها یعنی کهکشان امراه المسلسله از راه شیری بزرگتر است. بیشتر کهکشان‌های دیگر در این گروه کهکشان‌های کوچک (کوتوله) هستند.

۲ - ابرخوشهٔ محلی

گروه محلی کهکشان‌ها به همراه تعداد دیگری از خوشه‌های کهکشانی نزدیک از قبیل خوشهٔ غول سنبله درون ساختار عظیمی که ابرخوشه‌ی سنبله نامیده می‌شود، جای گرفته‌اند. این ابرخوشه ۱۰۰ میلیون سال نوری پهنا دارد و (اگر کهکشان‌های کوتوله را هم در نظر بگیریم) در بردارندهٔ ده‌ها هزار کهکشان است.

۳- ساختار بزرگ مقیاس

ابرخوشه‌های کهکشانی در قالب گره‌هایی انباشته می‌شوند و یا به صورت رشته‌هایی که می‌توانند میلیاردها سال نوری امتداد داشته باشند امتداد می‌یابند. این رشته‌ها به وسیلهٔ حفره‌هایی از هم جدا می‌شوند. با این حال در بزرگترین مقیاس، چگالی کهکشان‌ها و بنابراین همه‌ی مادهٔ مرئی موجود در کیهان یکریخت است.



◀ خوشهٔ کهکشانی دور

خوشهٔ کهکشانی بزرگ ابل ۲۲۱۸ (چپ)گرچه بیش از ۲ میلیارد سال نوری از ما دورتر است، اما از روی زمین قابل رؤیت است.



اجرام آسمانی

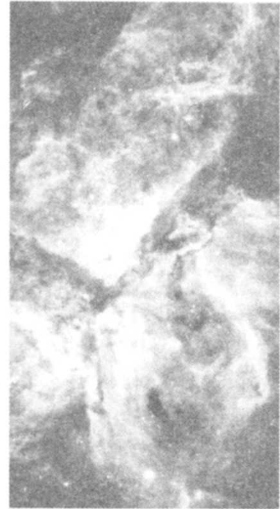
کیهان متشکل از انرژی، فضا و ماده است. بخشی از مادهٔ موجود در عالم به صورت اتم‌های منفرد و یا مولکول‌های گازی ساده در فضا پراکنده شده‌اند. بخش دیگر به صورت جزیره‌هایی از مواد بر روی هم انباشته شده‌اند.
این بخش ماده دسته‌ای از ذرات غبار گرفته تا ستاره غول و یا انفجارهایی که سیاهچاله‌ها را شکل می‌دهند را در برمی گیرد.
گرانش، همهٔ این اجرام را به صورت ابرهای بزرگ و قرص‌هایی از مواد که به عنوان کهکشان‌ها شناخته می‌شوند؛ گرد هم می‌آورد.
کهکشان‌ها هم درون خوشه‌ها جای می‌گیرند و در نهایت بزرگ‌ترین اجرام آسمانی یعنی ابرخوشه‌ها را به وجود می‌آورند.

گاز، غبار و ذرات

مقدار زیادی از مادهٔ معمولی موجود در کیهان به صورت گازی رقیق و کم پشت درون و در اطراف کهکشان‌ها وجود دارد و حتی به صورت گازی رقیق‌تر در بین کهکشان‌هاست. این گاز عمدتا از اتم‌های هیدروژن و هلیوم تشکیل شده است. اما برخی از ابرهای درون کهکشان‌ها دربردارندهٔ اتم‌هایی از عناصر سنگین‌تر و مولکول‌های ساده هستند، آنچه که با ابرهای گازی کهکشانی درهم آمیخته، غبار است- ذرات جامد کوچکی از کربن یا موادی از قبیل سیلیکات‌ها (ترکیب‌هایی از سلیکون و اکسیژن).
درون کهکشان‌ها، گاز و غبار آنچه را که محیط بین کهکشانی نامیده می‌شود، می‌سازند. توده‌های مرئی این محیط، سحابی نامیده می‌شوند و بسیاری از آن‌ها زایشگاههای ستاره ها هستند. هنگامی که اتم‌های سازندهٔ این سحابی‌ها (که برخی شان سحابی نشری نام دارند) از ستاره‌ها، انرژی تابشی جذب کرده و آن را به صورت نور بازتابش می‌کنند، این سحابی‌ها هم به روشنی می‌درخشند.
در مقابل، سحابی‌های تاریک تنها به صورت لکه‌هایی که مانع نور ستارگان پس زمینه می‌شوند، نمایان می‌گردند. ذرات ماده در فضا به صورت پرتوهای کیهانی هم وجود دارند. پرتوهای کیهانی، ذرات زیراتمی بسیار پرانرژی هستند که با سرعت‌های بسیار بالایی در کیهان مسافرت می‌کنند.

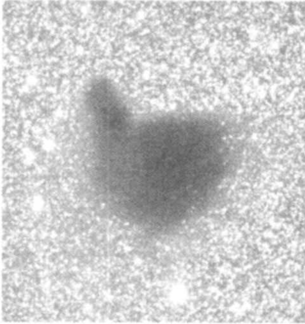
گاز درخشان

این اقیانوس گاز درخشان یک ناحیهٔ فعال تولد ستاره‌ای در سحابی نشری امگا است. ابرهای گاز و غبار ممکن است موجب تولد ستارگان و سیارات شوند اما این‌ها هم توسط ستارگان در حال مرگ به دور انداخته می‌شوند تا در نهایت به صورت نسل بعدی ستارگان بازیافت شوند.



◀ **سحابی تولد ستاره ای**

سحابی کشتی به عنوان ابری بسیار بزرگ از گاز، یک پدیدهٔ برجسته آسمان در نیمکره جنوبی است که با چشم غیر مسلح نیز قابل رؤیت است. رنگ‌های مختلف در این تصویر نشان دهندهٔ تغییرات دما در گاز است.



سحابی تاریک ◀

برنارد ۶۸ به عنوان توده‌ای از غبار و گاز چگال، نمونه‌ای از یک سحابی تاریک است. غبار ضخیم، زمینهٔ ستاره‌ای پرنور پشت خود را تیره می‌کند.

بقایای ستاره

ستاره ها تا ابد دوام ندارند. حتی کوتوله‌های قرمزی که از همه کوچکترند و عمر درازتری دارند، در نهایت زوال می‌یابند. ستارگانی با جرم متوسط از قبیل خورشید قبل از اینکه بیشتر لایه‌های بیرونی شان را از دست بدهند به صورت ستارگانی بزرگ و کم چگالی که غول قرمز نامیده می‌شوند انبساط می‌یابند. این ستارگان آنگاه دچار رمبش شده تا ستارگان کوتوله‌ی سفید را شکل دهند. کوتوله‌های سفید هم به تدریج سرد شده و به تاریکی می‌گرایند. پوسته‌های در حال انبساط مواد پس زده شده که چنین ستاره‌هایی را احاطه می‌کنند سحابی‌های سیاره نما نام دارند (اگرچه ارتباطی به سیاره‌ها ندارند). با این حال ستارگان پرجرم‌تر پایان‌های تِماشایی تری دارند. این ستارگان در انفجاری به نام ابرنواختر متلاشی می‌شوند.

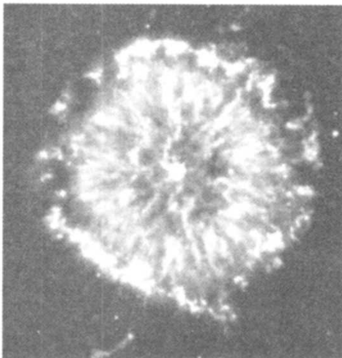
در این مورد پوستهٔ در حال انبساط مواد رانده شده، ممکن است تا هزاران سال دیده شود و بقایای ابرنواختری نامیده می‌شود.

البته همه مواد ستاره، به بیرون رانده نمی‌شود. بخشی از هسته به صورت جسمی بسیار چگال می‌رمبد که ستارهٔ نوترونی نامیده می‌شود. پرجرم‌ترین ستارگان هم به صورت یک سیاهچاله رمبش می‌یابند.



بقایای ابرنواختری

سحابی پرده، یک موج ضربه از ستاره ایست که بین ۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ سال پیش منفجر شده است. مواد موجود در این سحابی ممکن است روزگاری یک ستارهٔ جدید را به وجود بیاورند.



سحابی سیاره نما ▲

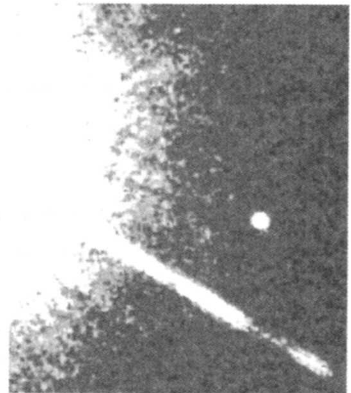
این ابر درخشان گاز که NGC6751 نام دارد چند هزار سال قبل از ستاره کوتوله سفیدی که در مرکز آن قابل رویت است به بیرون رانده شده است.

ستاره‌ها و کوتوله‌های قهوه‌ای

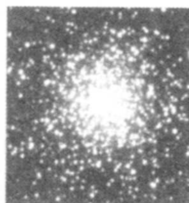
نور کیهان عمدتا از ستاره‌ها می‌آید. ستاره‌ها در واقع گوی‌های داغی از گاز هستند که از طریق هم جوشی هسته‌ای در هسته‌هایشان انرژیٔ تولید می‌کنند.

ستاره‌ها از چگالش توده‌های گاز و غبار در سحابی‌ها شکل می‌گیرند. گاهی اوقات این اتفاق به صورت دوتایی یا خوشه‌ای رخ می‌دهد. یعنی دو ستاره و شاید هم خوشه‌ای از ستاره‌ها تشکیل می‌شوند. ستاره‌ها بسته به جرم اولیهٔ شان دارای رنگ، دمای سطحی، درخشندگی و طول عمرهای متفاوتی هستند. پرجرم‌ترین ستارگان که به عنوان غول‌ها و ابرغول‌ها شناخته می‌شوند، داغ‌ترین و درخشنده‌ترین نوع ستاره‌ها هستند. اما تنها چندین میلیون سال بیشتر عمر ندارند. ستارگان کم جرم (که بیشترین تعداد را دارند) کوچک، کم نور و قرمز هستند و ممکن است میلیاردها سال به حیات خود ادامه دهند. این ستارگان کوتوله‌های قرمز نامیده می‌شوند.

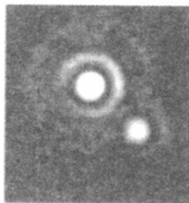
اما از این دسته، باز هم کوچکتر کوتوله‌های قهوه‌ای هستند. این‌ها اجرام درمانده‌ای هستند که آنقدر داغ یا پرجرم نبوده‌اند که بتوانند فرآیند هم‌جوشی که در ستارگان رخ می‌دهد را حفظ کنند و تنها یک تابش کم نور از خود ساطع می‌کنند. کوتوله‌های قهوه‌ای مقدار زیادی از مادهٔ معمولی موجود در کیهان را تشکیل می‌دهند.



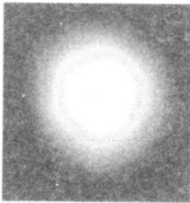
کوتولهٔ قهوه ای ▲
نقطه‌ای که در سمت راست مرکز این تصویر قرار دارد یک کوتولهٔ قهوه‌ای به نام Gliese229b است. جسم بزرگتر و درخشان‌تر کوتولهٔ قرمز Gliese229 است که کوتولهٔ قهوه‌ای به دور آن می‌گردد.



خوشهٔ کروی ▲
خوشه‌های کروی از قبیل M13، اجرام تاریخی هستند که به دور کهکشان‌ها گردش می‌کنند. M13 در حدود نیم میلیون ستاره دارد.



ستارهٔ دوتایی ▲
ازار یک دوتایی یا ستارهٔ دوگانه است که از یک ستارهٔ اولیهٔ زرد- نارنجی درخشان و یک همدم مایل به آبی و کم نورتر تشکیل شده است.



ابرغول ▲
ستارهٔ ابرغول ابط الجوزا در اینجا به صورت یک قرص به نظر می‌رسد. زیرا اگرچه ۴۲۵ سال نوری از ما دورتر است، اما خیلی بزرگ است.

سیارات و اجرام کوچکتر

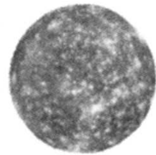
گمان می‌رود که منظومه شمسی ما (ستارهٔ خودمان خورشید و هر چیزی که به دور آن می‌گردد) از غبار و گازی شکل گرفته است که به صورت یک قرص چرخان به نام قرص پیش سیاره‌ای متراکم شده بودند. مواد مرکزی قرص تبدیل به خورشید شده‌اند، در حالیکه مواد بیرونی‌تر سیارات و دیگر اجرام سرد و کوچک را به وجود آورده‌اند.

یک سیاره، کره‌ای است که به دور یک ستاره می‌گردد و بر خلاف کوتوله‌های قهوه‌ای هیچ هم‌جوشی هسته‌ای در آن رخ نمی‌دهد.

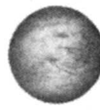
از آن جا که سیارات و قرص‌های پیش سیاره‌ای در حال گردش به دور ستارگان در دیگر جاهای کهکشان‌مان هم یافت شده‌اند، این احتمال وجود دارد که منظومه شمسی نمونه‌ای از این نوع منظومه‌ها باشد و سیارات در گسترهٔ کیهان اجرام معمول و متداولی باشند.

درون منظومه شمسی سیارات هم به صورت غول‌های گازی از قبیل مشتری وجود دارند و هم به شکل اجرام سنگی از قبیل زمین و مریخ.

با این حال اجرام کوچکتری هم وجود دارند که در چندین دسته طبقه بندی می‌شوند. قمرها اجرامی هستند که به دور سیارات یا سیارک‌ها در حال گردش‌اند. سیارک‌ها اجرام سنگی هستند که پهنای آن‌ها از ۵۰ متر تا ۱۰۰۰ کیلومتر متغیر است. دنباله دارها تکه‌های بزرگی از یخ و سنگ هستند که چندین کیلومتر قطر دارند و در مداری که تا دوردست‌های منظومه شمسی می‌رسد، به دور خورشید می‌گردند. کوتوله‌های یخی هم مشابه همین‌ها هستند، اما تا چند صد کیلومتر پهنا دارند. سنگ‌های آسمانی بقایای سیارک‌های خرد شده یا غبار دنباله دارها هستند.


کالیستو


گانمید


اروپا


یو

◀ اقمار گالیله

غیر از قمر زمین یعنی ماه، اقمار دیگری هم در منظومه شمسی وجود دارند. این چهار قمر بزرگ که به دور سیارهٔ مشتری می‌گردند اولین بار توسط گالیئوگالیله در سال ۱۶۱۰ میلادی کشف شدند.

دنبالهٔ گاز

دنبالهٔ غبار

گیسو

◀ دنباله دار ایکیا ژانگ

چندین دنباله‌دار در مدارهایی حرکت می‌کنند که گاهی آن‌ها را تا نزدیکی خورشید می‌آورد. در نزدیکی خورشید، عناصر شیمیایی یخ زدهٔ دنباله‌دار تبخیر شده و یک گیسوی درخشنده (سر) و یک دنبالهٔ دراز از غبار و گاز را به وجود می‌آورند. این دنباله‌دار درخشان در سال ۲۰۰۲ قابل مشاهده بود.

◀ سیارهٔ زمین

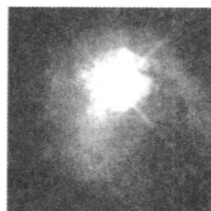
سیارهٔ خانگی ما به لحاظ داشتن آب سطحی و پشتیبانی حیات، سیاره‌ای غیر معمول است. ما نمی‌دانیم که احتمال وجود سیاراتی چون زمین در عرصهٔ کیهان چقدر است؟





کهکشان‌ها

منظومه شمسی تنها بخش کوچکی از یک ساختار عظیم قرصی شکل از ستارگان، گاز و غبار است که کهکشان راه شیری نامیده می‌شود. تا حدود یک صد سال پیش باور بر این بود که کهکشان ما کل کیهان را تشکیل می‌دهد.
افراد کمی بودند که تصور می‌کردند ممکن است چیزی در بیرون راه شیری نیز وجود داشته باشد. امروزه می‌دانیم که تنها بخش قابل مشاهدهٔ جهان ما، در بردارندهٔ بیش از ۱۰۰ میلیارد کهکشان مجزاست.
این کهکشان‌ها به لحاظ اندازه متفاوتند. اندازه آن‌ها از کهکشان‌های کوتوله که تنها چند صد سال نوری پهنا دارند و دارای چندین میلیون ستاره هستند تا غول‌هایی که چند صد هزار سال نوری جا اشغال می‌کنند و در بردارنده چندین تریلیون ستاره اند، متغیر است.
همانند ستاره ها، کهکشان‌ها هم دارای ابرهایی از گاز، غبار و مادهٔ تاریک هستند که همه این‌ها به سبب وجود گرانش در کنار هم نگه داشته شده اند. کهکشان‌ها به پنج شکل مارپیچی، مارپیچی میله دار، بیضوی (از کروی تا توپ رگبی شکل)، عدسی و نامنظم وجود دارند. پژوهشگران، کهکشان‌ها را با شمارهٔ آن‌ها در یکی از چندین پایگاه دادهٔ اجرام آسمانی شناسایی می‌کنند. NGC1530 نشان دهندهٔ کهکشان ۱۵۳۰ در پایگاه داده‌ای است که NGC (کاتالوگ عمومی جدید New General Catalogue) نامیده می‌شود.

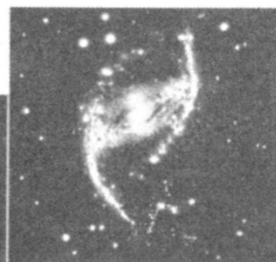


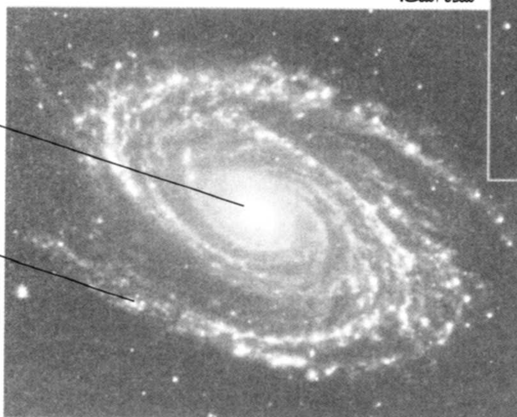
◀ اختروش

اگر نگوییم بیشتر کهکشان‌ها ، اما گمان می‌رود حداقل برخی از آن‌ها در گذشتهٔ زندگی شان اختروش بوده‌اند. اختروش‌ها کهکشان‌های فوق العاده درخشانی هستند که نیروی آن‌ها از سقوط ماده به درون یک سیاهچاله بسیار پر جرم مرکزی تامین می‌شود.

▼ کهکشان مارپیچی

این تصویر که توسط تلسکوپ فضایی اسپیتزر گرفته شده است، یک کهکشان مارپیچی همسایه به نام M81 را نشان می‌دهد. حسگرها بیش‌تر از نور مرئی، تابش فروسرخ را ثبت کرده‌اند و در تصویر غبار موجود در هسته و بازوهای مارپیچی کهکشان پرنورتر نشان داده شده است.





مارپیچی میله دار ▲

در یک کهکشان مارپیچی میله دار مثل NGC1530 (بالا) بازوهای مارپیچی از انتهای ساختار میله مانند مرکزی تابش می‌کنند نه از هسته.

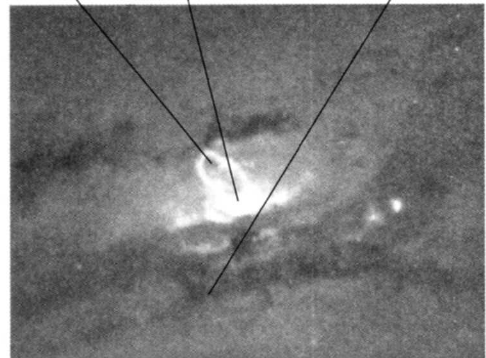
سیاهچاله‌ها

یک سیاهچاله ناحیه‌ای از فضاست که در مرکز آن ماده در نقطه‌ای با چگالی بی نهایت فشرده شده است. این نقطه یک تکنیگی نام دارد. درون یک ناحیه کروی در اطراف تکنیگی، نیروی گرانش آنقدر زیاد است که هیچ چیز، حتی نور هم نمی‌تواند از آن بگریزد. از این رو سیاهچاله‌ها را تنها می‌توان از روی تأثیر گرانشی آن‌ها بر موادی که در اطرافشان هستند شناسایی کرد.

سیاهچاله‌هایی که تا کنون کشف شده اند، نوعا دارای قرصی از گاز و غبار هستند که به دور چاله می‌چرخند. جت‌هایی داغ و پرسرعت از مواد از سیاهچاله به بیرون پرتاب می‌شوند و یا به دلیل سقوط مواد به درون چاله تابش‌هایی (از قبیل پرتوی ایکس) از اطراف سیاهچاله ساطع می‌شود.

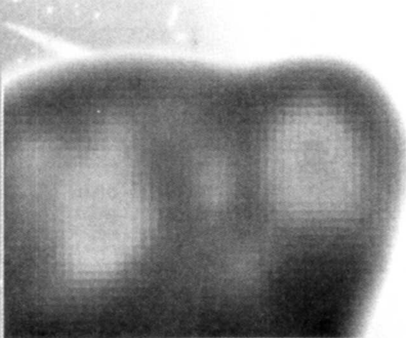
دو نوع عمده از سیاهچاله وجود دارند: سیاهچاله‌های بسیار پر جرم و سیاهچاله‌های ستاره ای.

سیاهچاله‌های بسیار پر جرم که می‌توانند جرمی میلیاردها برابر جرم خورشید داشته باشند در مرکز بیشتر کهکشان‌ها از جمله کهکشان خودمان وجود دارند. خاستگاه این سیاهچاله‌ها هنوز به طور دقیق مشخص نیست، اما ممکن است این‌ها یک محصول جانبی در فرآیند شکل گیری کهکشان باشند. سیاهچاله‌های ستاره‌ای از رمبش بقایای ستارگان ابرغول منفجر شده شکل می گیرند و ممکن است در همه کهکشان‌ها به صورت بسیار متداولی وجود داشته باشند.



سیاهچالهٔ کهکشانی ▲

گاز داغ حبابی شکل از قرصی از غبار برمی‌خیزد که در حال چرخش به دور جرمی است که گمان می‌رود یک سیاهچاله ابرجرم دار در مرکز یک کهکشان همسایه یعنی NGC4438 باشد.



سیاهچالهٔ ستاره ای

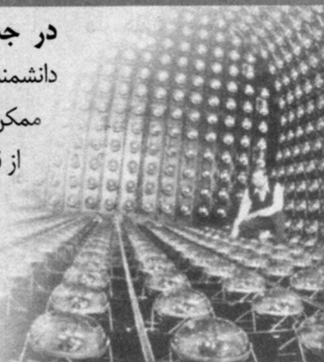
سیاهچالهٔ SS433 در مرکز این تصویر پرتوی ایکس (رنگ‌ها ساختگی هستند) قرار دارد. این سیاهچاله از آن رو قابل شناسایی است که مواد را از یک ستارهٔ نزدیک به درون خود می‌کشد و ذرات و تابش پرتوی ایکس به بیرون می‌افکند. چیزی که در این تصویر به صورت دو لپ زرد درخشان نمایان است.

کهکشان کج و معوج

این کهکشان بچه قورباغه نام گرفته و در فاصلهٔ ۴۲۰ میلیون سال نوری دورتر از ما قرار دارد. مثل هر کهکشانی این کهکشان هم یک چرخ چرخان و عظیم از مواد است که به وسیلهٔ گرانش به هم مقید شده‌اند. در خوشه‌ها گرانش این توانایی را هم دارد که کهکشان‌ها را تکه پاره کند. گمان می‌رود جریانی از ستارگان که از این کهکشان بیرون آمده‌اند به وسیلهٔ گرانش یک کهکشان کوچکتر که در حال عبور از آن نزدیکی بوده، جدا شده باشند.

کاوش در فضا

در جست و جوی مادهٔ تاریک



دانشمندان برای یافتن مادهٔ تاریک، در حال تحقیق بر روی برخی از چندین شکل ممکن این ماده هستند. آشکار سازهای زیرزمینی در جست و جوی ذرات گریزانی از قبیل ویمپ‌ها و نوترینوها هستند.

نوترینوها آنقدر کوچک هستند که زمانی گمان می‌رفت بدون جرم باشند. اما این ذرات دارای جرمی بسیار جزئی هستند. در گستره کیهان، آنقدر نوترینو وجود دارد که جرم مجموع آن‌ها می‌تواند منشأ ۱ تا ۲ درصد مادهٔ تاریک کیهان باشد. ویمپ‌ها در صورت شناسایی می‌توانند مسئول جرم بسیار بیشتری باشند.

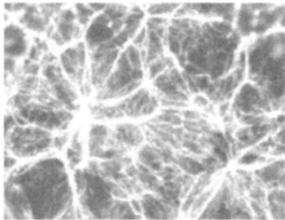
شناساگر نوترینو

شناسایی نوترینوها بسیار دشوار است. دستگاه شناساگر نوترینو، وسیله ای است که در طول عملیات پر از روغن است. لامپ های تکثیر فوتون جرقه‌های نور را در هنگام برخورد نوترینوها با روغن شناسایی می کنند.

مادهٔ تاریک و انرژی تاریک

این نوع ماده، بسیار بیشتر از آنچه که ستارگان و دیگر اجرام قابل رؤیت دارند در کیهان وجود دارد. این جرم غیر قابل مشاهده، مادهٔ تاریک نامیده می‌شود. ساختار این ماده هنوز ناشناخته است. مقداری از این جرم ممکن است به شکل ماچو (MACHO یعنی اجرام‌هاله‌ای پرجرم فشرده)، اجسام تاریک سیاره مانند، ویمپ (WIMP ذرات پرجرم کم واکنش) یعنی ذرات زیراتمی مرموزی که به ندرت با مادهٔ معمولی واکنش می‌دهند، باشد.

حرکت کهکشان‌ها در خوشه‌ها نشانگر وجود مادهٔ تاریک است. آن‌ها سریع‌تر از آن حرکت می‌کنند که به وسیلهٔ گرانش مادهٔ مرئی قابل توجیه باشد. یعنی برای توجیه این حرکت باید جرم بسیار بیشتری وجود داشته باشد. حتی اگر همه مادهٔ تاریکی که از مشاهدات استنباط می‌شود را هم در نظر بگیریم باز هم چگالی کیهان برای تصدیق نظریه‌های تکامل آن کافی نیست. کیهان شناسان در جست و جوی یک راه حل، وجود انرژی تاریک را پیشنهاد کرده‌اند. یعنی نیرویی که گرانش را خنثی می‌کند و موجب می‌شود تا کیهان سریع‌تر انبساط یابد. ماهیت دقیق انرژی تاریک هنوز قابل تأمل است.



توزیع مادهٔ تاریک ◄

این تصویر از یک شبیه ساز رایانه‌ای، طریقهٔ توزیع مادهٔ تاریک (خوشه‌ها و رشته‌های قرمز) را درون ابرخوشه‌های کهکشانی در جهان ما نشان می‌دهد.

خوشهٔ کهکشانی

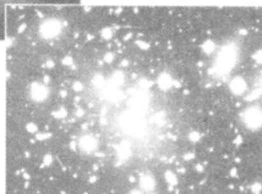
کهکشان‌ها به وسیله‌ی گرانش به یکدیگر متصل می‌شوند تا خوشه‌هایی تشکیل دهند که در حدود چند تا چند ده هزار کهکشان دارند.

پهنای خوشه‌ها از ۳ تا ۳۰ میلیون سال نوری متفاوت است. برخی از آن‌ها یک هستهٔ مرکزی متراکم و یک ساختار کروی «خوش تعریف» دارند. بقیه به لحاظ شکل و ساختار نامنظم هستند. خوشه‌ای از کهکشان‌ها که کهکشان خودمان را نیز در بر می‌گیرد گروه محلی نامیده می‌شود. در همسایگی ما خوشهٔ سنبله، یک خوشه نامنظم بزرگ است که با داشتن چند صد کهکشان در فاصلهٔ ۵۰ میلیون سال نوری دورتر از ما قرار دارد. زنجیره‌هایی از دهها خوشه کهکشانی که به وسیلهٔ گرانش به سستی به هم متصلند. ابرخوشه‌ها را می‌سازند. این ابرخوشه‌ها می‌توانند تا ۲۰۰ میلیون سال نوری وسعت داشته باشند. ابرخوشه‌ها هم به نوبه خود در صفحات گسترده و رشته‌های عظیمی مرتب شده‌اند که توسط حفره‌هایی با وسعت ۱۰۰ میلیون سال نوری از هم جدا می‌شوند. این صفحات و حفره‌ها، شبکه‌هایی را تشکیل می‌دهند که در کل جهان قابل رصد گسترده شده‌اند.



گروه فشردهٔ هیکسون ◄

این خوشه دربردارندهٔ یک کهکشان مارپیچی رو به زمین در مرکز تصویر، دو کهکشان مارپیچی مایل نزدیکتر و یک کهکشان بیضوی در پایین‌تر سمت راست است.



خوشهٔ غنی ◄

یکی از پرجرم‌ترین خوشه‌های کهکشانی شناخته شده ابل۱۶۸۹ است که گمان می‌رود دارای صدها کهکشان باشد.

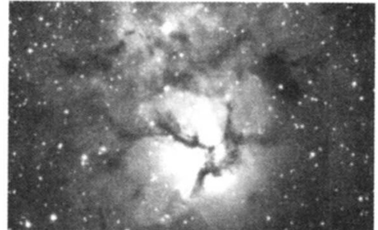


ماده

بر اساس آزمایش‌هایی که در کوچکترین مقیاس‌ها انجام شده، مادۀ جهان متشکل از ذرات بنیادینی است که برخی از آن‌ها تحت حاکمیت نیروهای مختلفی در کنار هم جمع شده و اتم‌ها و یون‌ها را می‌سازند.
علاوه بر انواع شناخته شده ماده، شکل‌های دیگری هم از ماده وجود دارند. بیشتر جرم کیهان از مادۀ تاریکی تشکیل شده که ماهیت دقیق آن هنوز ناشناخته است.

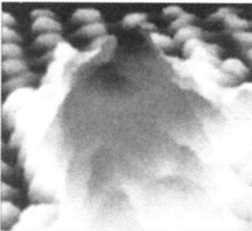
ماده چیست؟

به هر چیزی که دارای جرم باشد ماده می‌گویند. یعنی هر چیزی که تحت تأثیرگرانش قرار بگیرد. بیشتر ماده موجود در روی زمین متشکل از اتم‌ها و یون‌هاست. با این حال در جاهای دیگر کیهان، ماده در محدوده وسیعی از حالت وجود دارد و شکل‌های مختلفی از ملأ رقیق بین ستاره‌ای گرفته تا مادۀ بی نهایت چگال سیاهچاله به خود می‌گیرد.
همه این انواع ماده از اتم‌ها ساخته نشده‌اند، بلکه از برخی انواع ذرات تشکیل شده‌اند. انواع مشخصی از ذرات بنیادین هستند، یعنی اینکه از زیرواحدهای کوچکتری ساخته نشده‌اند. معمول‌ترین ذرات درون مادۀ معمولی، کوارک‌ها و الکترون‌ها هستند که سازندۀ اتم‌ها و یون‌ها بوده و ماده مرئی را شکل می‌دهند. با این حال بیشتر ماده موجود در کیهان ماده معمولی نیست بلکه مادۀ تاریک است. ماده‌ای که شاید بخشی از آن متشکل از نوترینوها یا ویمپ‌های نظری (ذرات پرجرم کم واکنش) و یا هردوی این‌ها باشد.



◀ مادۀ درخشان

این ابرهای گاز روشن شده در فضای بین ستاره‌ای از ماده معمولی ساخته شده‌اند که متشکل از اتم‌ها و یون‌هاست.



تصویربرداری از اتم ◀

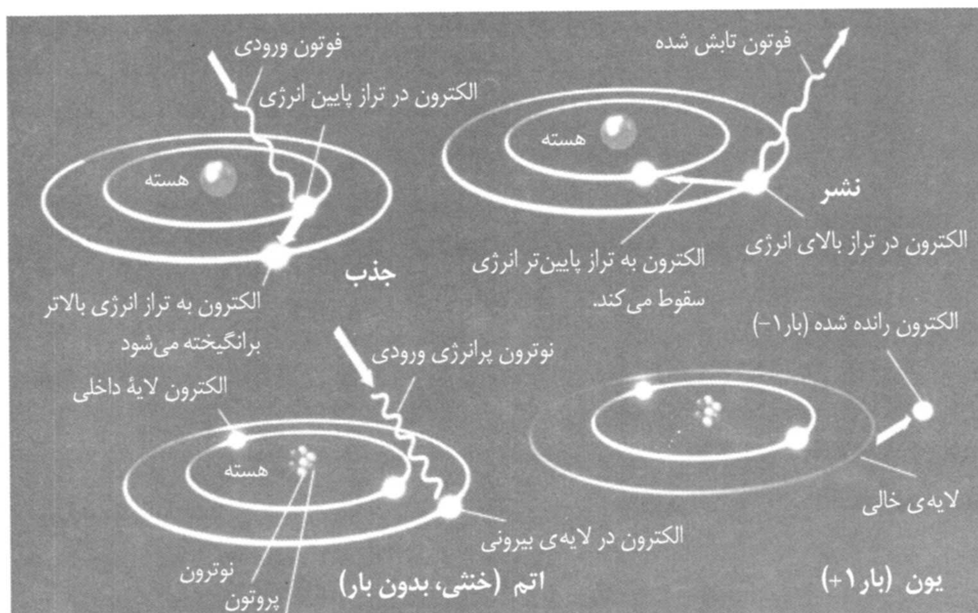
این تصویر از اتم‌های طلا بر روی توری از اتم‌های کربن به وسیله‌ی یک میکروسکوپ الکترونی به دست آمده است.

اتم‌ها و یون‌ها

اتم‌ها از ذرات بنیادینی به نام کوارک و الکترون ساخته شده‌اند. کوارک‌ها به وسیله‌ی گلئون‌ها (ذرات بدون جرم نیرو) در گروه‌هایی سه تایی گرد هم آمده‌اند. گروه‌های کوارک ذراتی به نام پروتون و نوترون تشکیل می‌دهند. این ذرات در ناحیه‌ای چگال در مرکز اتم که هسته نامیده می‌شود گرد هم می‌آیند. بیشتر حجم باقی مانده اتم، فضای خالی است، اما الکترون‌ها درون این فضا در حال حرکتند. این الکترون‌ها یک بار الکتریکی منفی هستند و جرم بسیار پایینی دارند. تقریبا همهٔ جرم یک اتم در پروتون‌ها و نوترون‌های آن قرار دارد. اتم‌ها همواره دارای تعداد برابری از پروتون‌ها (با بار مثبت) و الکترون‌ها (با بار منفی) هستند و از این رو بار الکتریکی آن‌ها خنثی است. اما اگر همین اتم‌ها، الکترون یا الکترون‌هایی به دست آورده یا از دست بدهند، تبدیل به ذرات بارداری می‌شوند که یون نامیده می‌شود.

جذب و نشر ▼

این الکترون‌ها می‌توانند در ترازهای مختلف انرژی در اتم‌ها وجود داشته باشند. با حرکت در بین ترازهای انرژی، الکترون‌ها می‌توانند بسته‌ها یا کوانتوهای انرژی را هم جذب و هم نشر کنند. این بسته‌های انرژی فوتون نامیده می‌شوند.



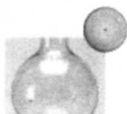
یونیزاسیون ▲

یکی از راه‌های تبدیل اتم به یک یون مثبت، جذب انرژی از یک فوتون پرانرژی به وسیله یک الکترون و در نتیجه رانده شدن آن از اتم به همراه بارش است.

عناصر شیمیایی

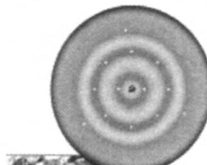
همه اتم‌ها یکسان نیستند. آن‌ها می‌توانند تعداد مختلفی از پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها را داشته باشند. ماده‌ای که فقط از یک نوع اتم ساخته شده باشد یک عنصر شیمیایی نامیده می‌شود و به آن یک عدد اتمی که برابر تعداد پروتون‌ها و بنابراین الکترون‌های موجود در اتم آن عنصر است، داده می‌شود.

برای مثال می‌توان از هیدروژن با عدد اتمی یک (همهٔ اتم‌های هیدروژن دارای یک پروتون و یک الکترون هستند)، هلیوم (با عدد اتمی ۲) و کربن (با عدد اتمی ۶) نام برد. در مجموع ۹۰ عنصر طبیعی در روی زمین یافت می‌شود. اتم‌های یک عنصر همگی دارای اندازه و اساسا ساختار الکترونی یکسانی هستند که منحصر به آن عنصر است و خواص شیمیایی خاصی را به آن می‌دهد. کیهان روزگاری تقریبا به کلی از سبک‌ترین عنصرها یعنی هیدروژن و هلیوم تشکیل شده بود. بیشتر عناصر دیگر از جمله عناصر معمولی چون اکسیژن، کربن و آهن به طور گسترده‌ای در ستارگان و انفجارهای ستاره‌ای خلق شده‌اند.



هیدروژن

یک گاز بدون رنگ در دمای ۲۱ درجهٔ سانتی گراد. اتم‌های این عنصر تنها دارای یک پروتون و یک الکترون در یک لایهٔ الکترونی هستند.



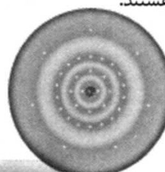


آلومینیوم ◄

یک فلز جامد در دمای ۲۱ درجهٔ سانتی گراد. اتم‌های این عنصر دارای ۱۳ پروتون و ۱۴ نوترون و ۱۳ الکترون در سه لایهٔ الکترونی هستند.

خواص عناصر

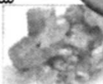
همان‌گونه که در این چهار نمونه نشان داده شده است، عناصر به طور مشخص دارای خواص متفاوتی هستند. این خواص توسط ساختار اتمی متفاوت عناصر تعیین می‌شود.





برم ◄

یک مایع قهوه‌ای بخاردار در دمای ۲۱ درجهٔ سانتی گراد.
اتم‌های این عنصر دارای ۳۵ پروتون، ۴۴ تا ۴۶ نوترون و ۳۵ الکترون در ۴ لایهٔ الکترونی هستند.



سولفور

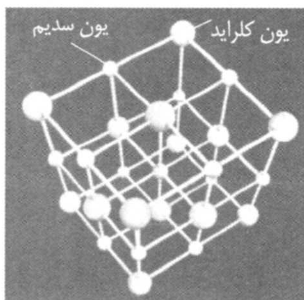
یک جامد شکننده در دمای ۲۱ درجهٔ سانتی گراد. اتم‌های این عنصر دارای ۱۶ پروتون، ۱۶ تا ۱۸ نوترون و ۱۶ الکترون در سه لایهٔ الکترونی هستند.

ترکیبات شیمیایی

بیشتر ماده موجود در کیهان به صورت اتم‌های مجزا یا یون‌هایی از چند عنصر شیمیایی هستند. اما بخش قابل توجهی از ماده هم به صورت ترکیباتی موجود است که در آن اتم‌هایی از بیش از یک عنصر به وسیله‌ی پیوندهای شیمیایی به هم پیوسته‌اند. این ترکیبات در اجرامی چون سیارات و سیارک‌ها، ارگانیسم‌های زنده و محیط بین ستاره‌ای موجودند.

در ترکیبات یونی از قبیل نمک، اتم‌ها با هم الکترون مبادله می‌کنند و یون‌های باردار حاصل به وسیله نیروهای الکتریکی به هم پیوسته و در یک ساختار کریستالی شبکه‌ای مرتب می‌شوند. در ترکیبات هم ظرفیتی از قبیل آب، اتم‌ها به وسیلهٔ اشتراک الکترون‌های بین آن‌ها در ساختارهایی که مولکول نامیده می‌شوند، جای می‌گیرند.

دو یا چند اتم یکسان هم می‌توانند با یکدیگر ترکیب شده تا مولکول‌های آن عنصر مشخص را به وجود آورند.



ترکیب یونی ◄

این نوع ترکیبات از یون‌هایی از دو یا چند عنصر شیمیایی تشکیل شده‌اند و نوعا در یک ساختار جامد تکرار شونده جای می‌گیرند. این نمونه نمک است یعنی سدیم کلراید.

ساختار یک اتم کربن

در مرکز یک اتم، هسته قرار دارد که دربردارنده پروتون‌ها و نوترون‌هاست. الکترون‌ها درون دو ناحیه که لایه نام دارند در حال حرکت‌اند و هسته را احاطه کرده‌اند.

لایه‌ها به شکل پرزدار به نظر می‌رسند زیرا الکترون‌ها در مسیرهای تعریف شده حرکت نمی کنند.

لایهٔ الکترونی بیرونی

ناحیه‌ای که در آن چهار الکترون در مدار حرکت می‌کنند.

فضای خالی

بیشتر فضای یک اتم خالی است. پروتون‌ها، نوترون‌ها و الکترون‌ها همه در اینجا بسیار بزرگتر از اندازهٔ واقعی شان نسبت به کل اتم نشان داده شده‌اند.

لایهٔ الکترونی درونی

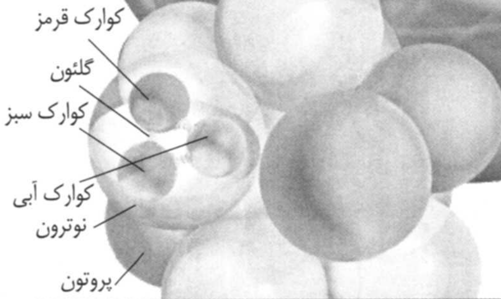
ناحیه‌ای که در آن دو الکترون در مدار حرکت می‌کنند.

هسته

یک گوی بسیار فشردهٔ متشکل از شش پروتون (صورتی) و شش نوترون (طلایی) است

الکترون

الکترون دارای یک بار منفی و جرمی است که بیش ازهزار مرتبه کوچکتر از جرم پروتون یا نوترون است.



درون یک نوترون ◀

پروتون‌ها و نوترون‌ها هریک از سه کوارک تشکیل شده‌اند که به وسیله گلئون‌ها به هم مقیدند. کوارک‌ها به شکل‌های آبی، قرمز و سبز هستند اما همواره از هرکدام از رنگ ها یک کوارک وجود دارد.

نیلز بور



نیلز بور فیزیکدان دانمارکی (۱۸۸۵ تا ۱۹۶۲ میلادی) اولین کسی بود که پیشنهاد داد الکترون ها در یک اتم در مدارهای مجزایی در حال حرکتند. او عنوان داشت که این مدارها سطوح انرژی ثابتی دارند. هنگامی که الکترون ها بین مدارها حرکت می کنند اتم‌ها مقادیر ثابتی (کوانتا) انرژی جذب کرده و یا از دست می‌دهند. مدارهای بور امروزه اوربیتال نامیده می‌شوند. آن‌ها در واقع زیر ساختارهای لایه‌های الکترونی هستند.



حالت‌های ماده

مادهٔ معمولی در چهار حالت به نام‌های جامد، مایع، گاز و پلاسما وجود دارد. این حالت‌ها به لحاظ انرژی موجود در ذرات ماده (مولکول‌ها، اتم‌ها و یون‌ها) و آزادی ذرات برای حرکت نسبت به یکدیگر با هم متفاوتند. مواد می‌توانند با به دست آوردن یا از دست دادن انرژی گرمایی از یکی از این حالت‌ها به حالت دیگر تبدیل شوند. اجزای سازنده یک جامد به وسیله پیوندهای قوی به هم متصل شده‌اند و به سختی می‌توانند حرکت کنند، در حالیکه در یک مایع این اجزا تنها با پیوندهای ضعیفی به هم وابسته‌اند و به راحتی می‌توانند حرکت کنند. در یک گاز، ذرات به صورتی بسیار ضعیف به هم وابسته‌اند و با آزادی بسیار بیش تری حرکت می‌کنند و به طور اتفاقی هم با هم برخورد می‌کنند. هنگامی گاز تبدیل به پلاسما می‌شود که آنقدر داغ شده باشد که برخوردها شروع به بیرون انداختن الکترون‌ها از اتم‌هایشان کنند. از این رو یک پلاسما از یون‌ها و الکترون‌هایی تشکیل شده است که با انرژی بسیار زیادی حرکت می‌کنند. ستارگان از پلاسما ساخته شده‌اند و بنابراین پلاسما عمده‌ترین حالت مادهٔ معمولی در کیهان است. بعد از آن حالت گازی عمده‌ترین حالت است.



◀ جامد، مایع و گاز

در روی زمین می‌توان آب را به صورت مایع، گاهی به صورت جامد (برف و یخ) و گاز (بخار آب) در مجاورت هم یافت.

نیروهای درون ماده

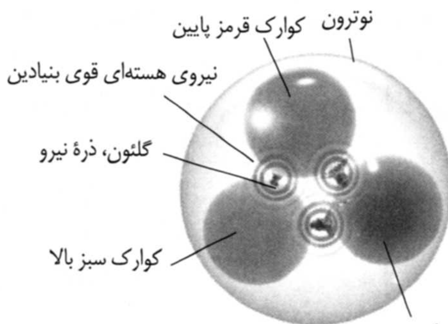
پیوندهایی که اجزای جامدات، مایعات و گازها را به هم مرتبط می‌سازند ناشی از نیروی الکترومغناطیس هستند. این نیرو ذراتی را که دارای بارهای ناهمنام الکتریکی هستند به هم جذب کرده و بارهای همنام را از هم می‌راند.

این نیرو یکی از سه نیرویی است که ساختار کوچک مقیاس ماده را کنترل می‌کند. نیروهای دیگر عبارتند از : نیروی هسته‌ای قوی که از بخش‌های بنیادین و جانبی تشکیل شده و نیروی اندرکنش ضعیف یا هسته‌ای ضعیف.

مجموع این نیروها به همراه یک نیروی چهارم به نام گرانش، نیروهای بنیادین طبیعت هستند. نیروهای الکترومغناطیس، ضعیف و قوی به وسیله‌ی ذرات حامل نیرویی عمل می‌کنند که متعلق به گروهی از ذرات به نام بوزون‌ها هستند.

نیروی الکترومغناطیس همان طور که در جامدات و مایعات اتم‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد، الکترون‌ها را هم درون اتم‌ها نگه می‌دارد.

نیروی قوی، پروتون‌ها، نوترون‌ها و هسته‌ی اتمی را در کنار هم نگه می‌دارد. نیروی ضعیف موجب واپاشی رادیواکتیو و دیگر اندرکنش‌های هسته‌ای می‌شود.

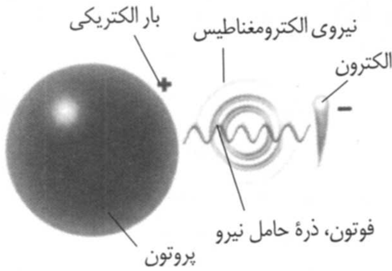


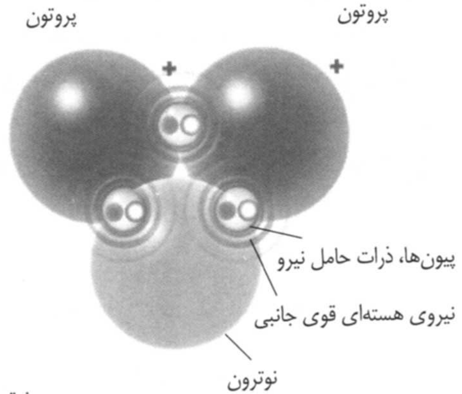
نیروی هسته‌ای قوی بنیادین ◀

این نیرو که به عنوان نیروی رنگ هم شناخته می‌شود، کوارک‌ها را درون پروتون‌ها و نوترون‌ها در کنار هم نگه می‌دارد. این نیرو ویژگی رنگ کوارک‌ها را کنترل می‌کند و هنگامی که این نیرو عمل می‌کند کوارک‌ها مدام با انتقال گلئون‌های مجازی (ذرات حامل نیرو) تغییر رنگ می‌دهند.

نیروی الکترومغناطیس

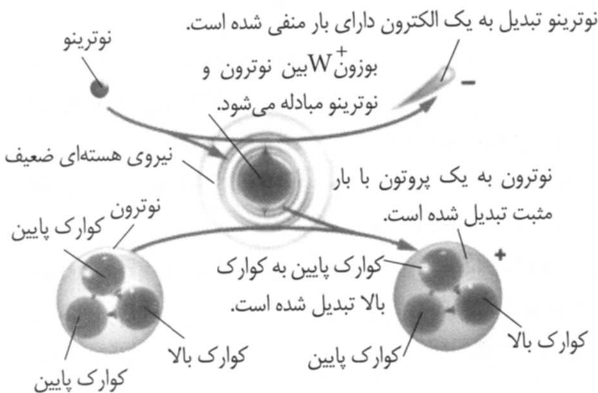
درون یک اتم، نیروی الکترومغناطیس الکترون‌ها را درون لایه‌هایی که هسته را احاطه کرده‌اند نگه می‌دارد. این نیرو الکترون‌های دارای بار منفی را به سمت هستهٔ دارای بار مثبت جذب کرده و الکترون‌ها را از هم دور نگه می‌دارد. حامل نیرو برای نیروی الکترومغناطیس فوتون است.





نیروی هسته‌ای قوی جانبی

این نیرو پروتون‌ها و نوترون‌ها را درون هستهٔ اتمی در کنار هم نگه می‌دارد و توسط ذراتی که پیون نامیده می‌شوند، حمل می‌شود. پیون‌ها از انرژی به وجود می‌آیند که هنگام تلاشی نوکلئون‌ها برای جدا شدن از هم ایجاد می‌شود. این نیرو به عنوان یک محصول جانبی نیروی قوی بنیادین به وجود می‌آید. هنگامی که پیون‌ها ایجاد شدند، بین نوگلئون‌ها مبادله می‌شوند و یک نیروی قیدی را به وجود می‌آورند.



اندرکنش ضعیف یا نیروی هسته‌ای ضعیف

این نیرو در بین دیگر اندرکنش‌ها بر واپاشی رادیواکتیو حاکم است.

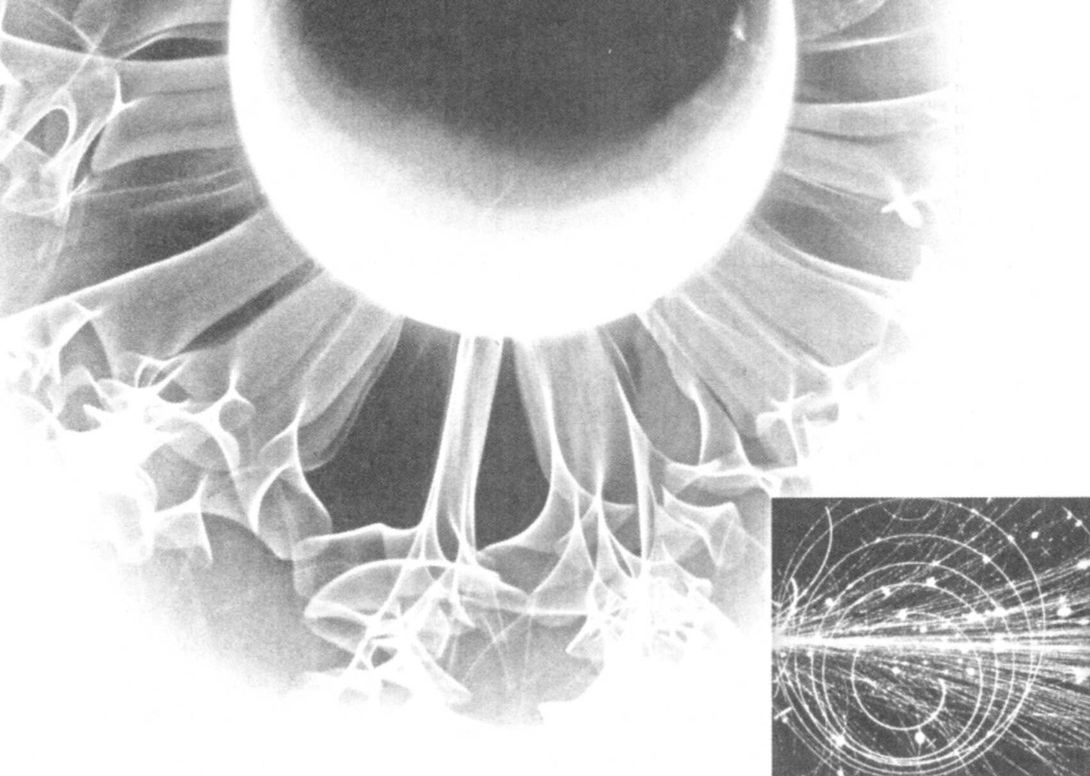
ذرات حامل این نیرو بوزون‌های W^+ و W^- و Z^0 هستند. در اینجا یک بوزون W^+ تبدیل یک نوترینو به یک الکترون را کنترل می‌کند و با تبدیل یک کوارک پایین به یک کوارک بالا یک نوترون را به یک پروتون تبدیل می‌کند.

استیون وینبرگ



فیزیکدان آمریکایی به نام استیون واینبرگ (متولد ۱۹۳۳) به خاطر نظریه اش درباره‌ی اتحاد دو نیروی بنیادین – اندرکنش ضعیف و نیروی الکترومغناطیس– معروف است. او معتقد است که این دو نیرو در سطوح انرژی بسیار بسیار بالا – مثل شرایطی که درست پس از انفجار بزرگ پیش آمد– به گونه‌ای یکسان عمل می‌کنند و به عبارتی یکی هستند. نظریه‌ی وینبرگ که الکترو ضعیف نامیده می‌شود توسط آزمایش‌های شتاب دهنده‌ی ذرات در سال ۱۹۷۳ تأیید شد.

او به همراه همکارانش عبدالسلام و شلدون لی گلاشو به خاطر این نظریه، جایزهٔ نوبل فیزیک سال ۱۹۷۹ را دریافت کردند.



بهمن ذرات ▲

این تصویر از شناساگری درون یک شتاب دهندهٔ ذرات، بهمنی از ذرات سبک را نشان می‌دهد که به سمت راست پاشیده شده‌اند. این‌ها حاصل ادغام دو ذرهٔ پرجرم‌تر در سمت چپ هستند.

پلاسما ▲

پلاسما به طور طبیعی در ستارگان وجود دارد اما به طور مصنوعی هم می‌توان آن را ایجاد کرد. در یک توپ پلاسما، الکتریسیته تحریک می‌شود تا از یک گوی فلزی باردار درون گاز به سطح یک کرهٔ شیشه‌ای جریان یابد و ستون‌های نور پلاسمایی را ایجاد کند.

چندین دهه است که فیزیکدانان تحقیقات خود را به سمت درک بهتری از ماده و چهار نیروی بنیادین سوق داده‌اند. بخشی از هدف آنان این است که توضیح بدهند در کیهان اولیه، اندک زمانی پس از انفجار بزرگ چه اتفاقی افتاده است. تحقیقات بر روی برخورد دادن ذرات با یکدیگر در دستگاه‌هایی به نام شتاب دهنده‌های ذرات متمرکز شده است. این آزمایش‌ها صدها ذره مختلف (بیشتر آن‌ها بسیار ناپایدارند) را شناسایی کرده‌اند که به لحاظ جرم، بار الکتریکی و دیگر ویژگی‌هایی از قبیل اسپین و همچنین نیروهای بنیادینی که بر آن‌ها حاکم‌اند با هم تفاوت دارند.
در حال حاضر ذرات شناخته شده و اندرکنش‌های بین آن‌ها با نظریه‌ای به نام مدل استاندارد فیزیک ذرات توضیح داده می‌شوند. این مدل، ویژگی‌های بیشتر ذرات را توضیح می‌دهد.
یک مورد استثناء، گراویتون است، ذره‌ای فرضی که گمان می‌رود حامل نیروی گرانش باشد. گراویتون در چارچوب این طرح جای نمی گیرد. زیرا بهترین نظریه گرانش (نسبیت عام) با جنبه‌هایی از مدل استاندارد ناسازگار است. نظریه‌های جدیدی از قبیل نظریه ریسمان در تلاشند تا گرانش را نیز با فیزیک ذرات ترکیب کنند.

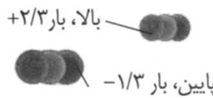
دسته بندی ذرات

فیزیکدانان، ذرات ترکیبی را که دارای یک ساختار داخلی هستند از ذرات بنیادینی که چنین ساختاری ندارند تفکیک می کنند. همچنین آن‌ها ذرات را به فرمیون‌ها و بوزون‌ها تقسیم می کنند. فرمیون‌ها (لپتون‌ها، کوارک‌ها و باریون‌ها) اجزای سازنده‌ی ماده هستند. اما بوزون‌ها (بوزون‌های پیمانه‌ای و مزون‌ها) ذرات اولیه‌ی حامل نیرو هستند.

ذرات بنیادین

لپتون‌ها و کوارک‌ها ماده را تشکیل می‌دهند در حالیکه بوزون‌های پیمانه‌ای حامل نیروها هستند. کوارک‌ها نیروی هسته‌ای قوی را حس می کنند اما لپتون‌ها اینطور نیستند.





لپتون‌ها

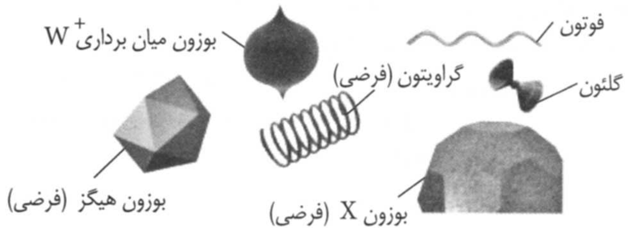
شش لپتون متفاوت وجود دارد، اما دو مورد بالا تنها لپتون‌هایی هستند که پایدارند و آن‌هایی هستند که در مادهٔ معمولی وجود دارند.

کوارک‌ها

شش نوع کوارک وجود دارد اما بیشتر دوتای آن (بالا و پایین) در مادهٔ معمولی پیدا می‌شوند. هریک از این کوارک‌ها در هر یک از سه رنگ وجود دارند.

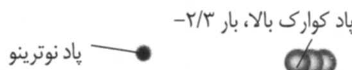
بوزون‌های پیمانه ای

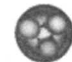
این‌ها ذرات حامل نیرو هستند. برخی از انواعی که نشان داده شده اند، فرضی می‌باشند.



پاد ذره‌ها

بیشتر ذرات دارای یک معادل پادماده هستند که دارای جرمی یکسان بوده اما بار و دیگر ویژگی‌های آن برعکس است.





پاد پروتون

یک پاد کوارک پایین و دو پاد کوارک بالا، بار ۱-



پاد نوترون

یک پاد کوارک بالا و دو پاد کوارک پایین، بار ۰

ذرات ترکیبی

این ذرات که به عنوان‌هادرون‌ها هم شناخته می‌شوند متشکل از کوارک‌ها، پادکوارک‌ها و یا هردوی این‌ها هستند که به وسیلهٔ گلئون‌ها به هم مقید شده‌اند.

باریون‌ها

این‌ها ذراتی با جرم نسبتا بزرگ هستند که دارای سه کوارک می‌باشند.

پروتون

یک کوارک پایین و دو کوارک بالا، بار۱+





نوترون

یک کوارک بالا و دو کوارک پایین، بار۰

مزون‌ها

ذراتی که دارای یک کوارک و یک پاد کوارک هستند.



پیون مثبت

یک کوارک بالا، یک پادکوارک پایین، بار۱+

صدها باریون و مزون دیگر هم وجود دارند.

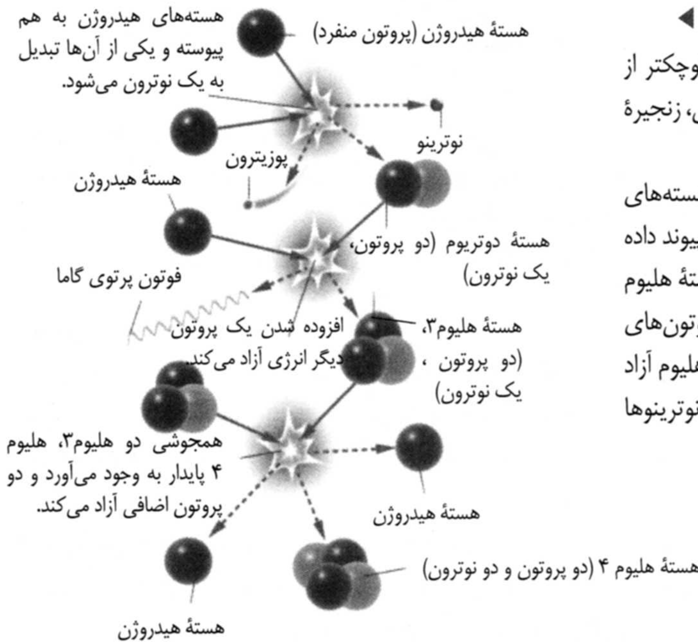
ذرات مرموز

ذرات بیشتر دیگری هم مفروض هستند که جایگاهی در این دسته بندی ذرات ندارند. از این دسته می‌توان به تک قطبی‌های مغناطیسی و ویمپ‌ها (ذرات پرجرم کم واکنش) اشاره کرد.

واکنش همجوشی در خورشید ◀

در ستارگانی با اندازه خورشید و یا کوچکتر از آن، فرآیند غالب تولید انرژی همجوشی، زنجیرهٔ پروتون– پروتون نام دارد.

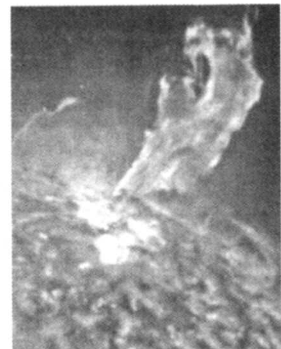
این زنجیرهٔ برخوردهای پرانرژی، هسته‌های هیدروژن (پروتون‌های آزاد) را به هم پیوند داده و از طریق چندین مرحله میانی به هستهٔ هلیوم ۴ تبدیل می‌کند. انرژی به شکل فوتون‌های پرتوی گاما در انرژی جنبشی هستهٔ هلیوم آزاد می‌شود. در این فرآیند پوزیترون‌ها و نوترینوها هم آزاد می‌شوند.



شکافت و همجوشی هسته ای

فیزیکدانان قرن بیستم دریافتند که هسته‌های اتمی تغییر ناپذیر نیستند بلکه می‌توانند شکسته شده و یا به یکدیگر بپیوندند. در طبیعت، هسته‌های اتمی ناپایدار می‌توانند به طور خود به خودی از هم پاشیده و ذرات و انرژی که به عنوان رادیواکتیویته شناخته می‌شود بیرون بدهند.

به طور مشابه در فرآیند مصنوعی شکافت هسته‌ای، هسته‌های بزرگ به صورت کنترل شده به هسته‌های کوچکتری شکافته می‌شوند تا انرژی بسیار عظیمی آزاد شود. در مقیاس کیهانی یک پدیدهٔ بسیار مهم‌تر هم جوشی هسته‌ای است. در این فرآیند هسته‌های اتمی به هم می‌پیوندند و با تشکیل یک هسته بزرگتر انرژی آزاد می‌کنند. فرآیند همجوشی منبع انرژی ستارگان است و اتم‌های همهٔ عناصر شیمیایی سنگین‌تر از بریلیوم را به وجود آورده است. مهممترین واکنش همجوشی در ستارگان، هسته‌های هیدروژن (پروتون) را به هم آمیخته و هستهٔ هلیوم به وجود می‌آورد. در این واکنش و دیگر واکنش‌های گداخت محصولات واکنش دارای جرمی می‌باشند که اندکی سبک‌تر از مجموع جرم واکنش دهنده‌هاست. این جرم گمشده بنابر رابطهٔ مشهور انیشتین یعنی $E=mc^2$ به مقادیر عظیمی انرژی تبدیل می‌شود. رابطه‌ی انیشتین انرژی (E)، جرم (m) و سرعت نور (c) را به هم مرتبط می‌سازد.



◀ گرمای همجوشی

همهٔ انرژی خورشید از همجوشی هسته‌ای در هستهٔ خورشید ناشی می‌شود. این انرژی به تدریج به سطح خورشید حزکت کرده و از آن جا راهی فضا می‌شود. انتقال این انرژی از طریق رسانش گرمایی و تابش انجام می‌شود.

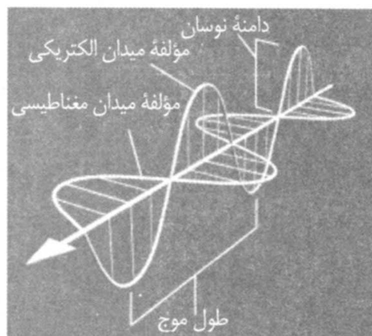


تابش

تابش در واقع انرژی به شکل امواج و ذرات است که از یک منبع گسیل شده و می‌تواند از طریق فضا و برخی انواع ماده مسافرت کند. تابش الکترومغناطیس (EM) شامل نور، پرتوهای ایکس و تابش مادون قرمز و غیره است. تابش ذرات از ذرات باردار بسیار پرسرعتی از قبیل پرتوهای کیهانی و ذراتی که از واپاشی رادیواکتیو تابش می‌شوند تشکیل می‌شود.
تابش الکترومغناطیس به طور عمده‌ای در ستاره شناسی قابل توجه است.

تابش الکترومغناطیس

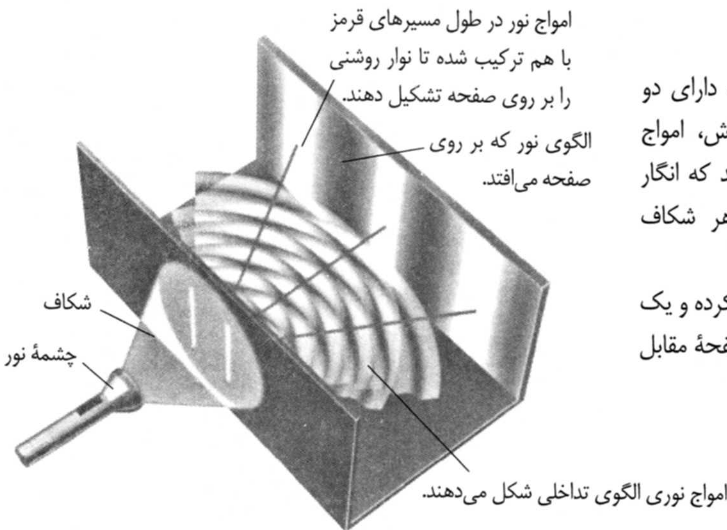
انرژی به شکل تابش الکترومغناطیس، یکی از دو مؤلفهٔ عمده کیهان است؛ مؤلفهٔ دیگر ماده است. این نوع تابش توسط حرکت ذرات باردار الکتریکی از قبیل الکترون‌ها تولید می‌شود. یک بار در حال حرکت یک میدان مغناطیسی را ایجاد می‌کند. اگر این حرکت پایدار نباشد آنگاه میدان مغناطیسی تغییر می‌کند و در نتیجه یک میدان الکتریکی را تولید می‌کند. این دو میدان با اندرکنش با یکدیگر، همدیگر را حفظ کردند و با حرکت از طریق فضا، انرژی منتقل می‌کنند.
تابش الکترومغناطیس علاوه بر نور مرئی، امواج رادیویی، ریزموج‌ها، تابش مادون قرمز (گرما)، تابش فرابنفش، پرتوهای ایکس و پرتوهای گاما را هم در بر می‌گیرد. همه این پدیده‌ها با سرعتی یکسان که سرعت نور نامیده می‌شود در فضا حرکت می‌کنند. این سرعت خیلی نزدیک به ۳۰۰ هزار کیلومتر بر ثانیه یا یک میلیارد کیلومتر بر ساعت است.



◀ امواج چگونه حرکت می‌کنند؟
یک موج الکترومغناطیس از دو میدان نوسانی الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده که بر هم عمودند و انرژی را به سمت جلو حمل می‌کنند.

رفتار موج گونه

در بیشتر موقعیت‌ها تابش الکترومغناطیس مثل یک موج عمل می‌کند. یعنی آشوبی که انرژی را از یک مکان به مکان دیگر منتقل می‌کند. در اینجا تابش الکترومغناطیس ویژگی‌هایی از قبیل طول موج (فاصلهٔ بین دو قلهٔ متوالی موج) و بسامد (تعداد امواجی که از یک نقطه‌ی معین در هر ثانیه عبور می‌کنند) دارد. این طبیعت موج گونه توسط آزمایش‌هایی از قبیل آزمایش دو شکاف نشان داده می‌شود که در آن امواج نور پس از گذر از دو شکاف پراش یافته (پخش می‌شوند) و با هم‌پوشانی قله‌ها و گره‌هایشان با همدیگر تداخل می‌کنند.
انواع امواج الکترومغناطیس تنها به لحاظ طول موج متفاوتند اما این ویژگی، دیگر ویژگی‌ها از قبیل قدرت نفوذ و توانایی یونیزه کردن اتم‌ها را هم تحت تأثیر قرار می‌دهد.



آزمایش دو شکاف ◄

اگر نور به سطح صفحه‌ای که دارای دو شکاف است تابانده شود، پراش، امواج نور را به گونه‌ای پخش می‌کند که انگار امواجی به شکل قوس از هر شکاف سرچشمه می‌گیرند.
آنگاه این دو موج با هم تداخل کرده و یک الگوی تاریک و روشن را در صفحهٔ مقابل پدید می‌آورند.



امواج متداخل ◄

آزمایش شکاف قابل مقایسه با آشفته کردن دو نقطه بر روی سطح یک مایع است. امواج با هم تداخل کرده تا سطح مایع را به صورت راه راه موج دار کنند.



نور فرابنفش ▲

تاباندن نور فرابنفش بر روی یک سطح فلزی موجب می‌شود تا الکترون‌ها با انرژی بسیار بالایی از سطح آن جدا شوند.

نور آبی ▲

نور آبی که بر روی همان سطح تابانده می‌شود موجب کنده شدن الکترون‌ها می‌گردد. زیرا فوتون‌های آبی پر انرژی‌تر هستند.

نور قرمز ▲

هنگامی که یک نور قرمز بر سطح یک فلز تابانده می‌شود هیچ الکترونی کنده نمی‌شود حتی اگر این نور به شدت درخشان باشد.

رفتار ذره گونه

تابش الکترومغناطیس به طور عمده‌ای مانند موج رفتار می‌کند. اما این طور هم می‌توان در نظر گرفت که از بسته‌های کوچک یا کوانتوهای انرژی به نام فوتون تشکیل شده است. این فوتون‌ها فاقد جرمند اما حامل مقدار ثابتی انرژی هستند. انرژی یک فوتون به طول موج آن بستگی دارد. هرچه طول موج کوتاهتر باشد فوتون پر انرژی‌تر است. برای مثال فوتون‌های نور آبی (طول موج کوتاه) پر انرژی‌تر از فوتون‌های نور قرمز (طول موج بلند) هستند. یک نمایش کلاسیک ویژگی‌های ذره گونه نور توسط پدیده‌ای به نام اثر فوتوالکتریک ارائه می‌شود. اگر یک نور آبی به یک سطح فلزی تابانده شود، موجب می‌شود تا الکترون‌ها از سطح فلز جدا شوند. این در حالیست که حتی یک نور قرمز بسیار درخشان هم چنین اثری ندارد.

سحابی نشری ▲

هنگامی که گاز این سحابی به وسیلهٔ ستارهٔ همسایه داغ می‌شود، این سحابی هم شروع به درخشیدن می‌کند. نور تابش شده متشکل از فوتون‌هایی از چند طول موج خاص است. این فوتون‌ها هنگامی توسط اتم‌های گاز تابش شده‌اند که الکترون‌های آن‌ها در سطوح پایین‌تر انرژی جای گرفته‌اند.

لوئیس دوبروی



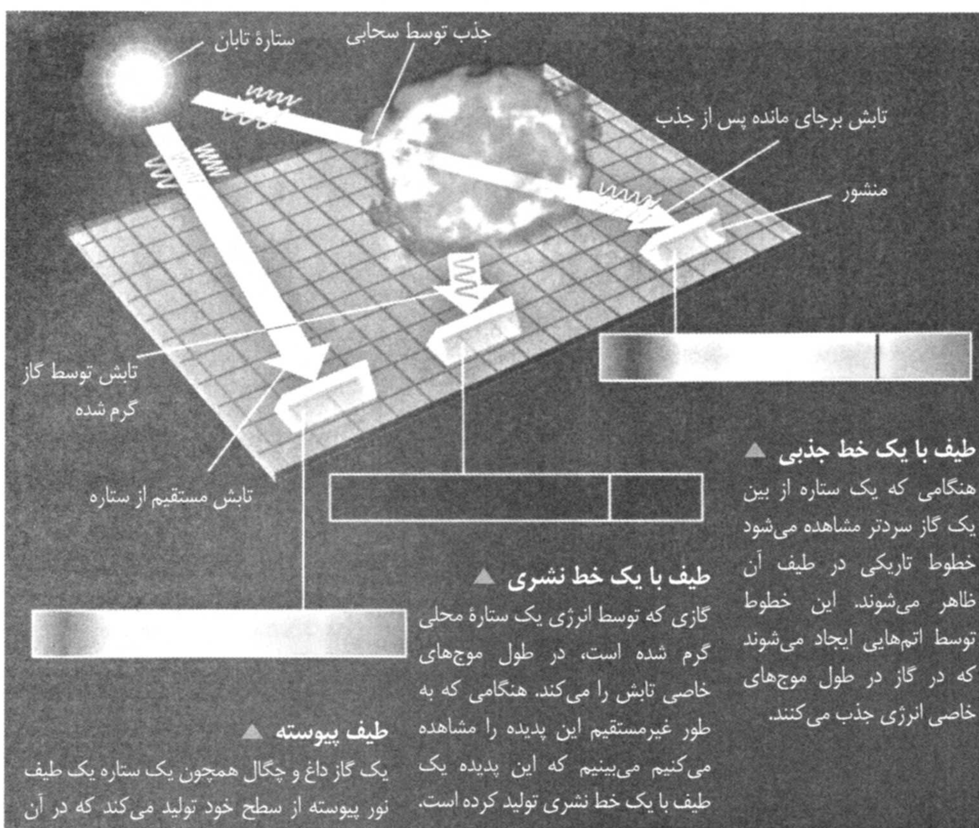
لویی دوبروی (۱۹۸۷-۱۸۹۲) فیزیکدان فرانسوی بود که در سال ۱۹۲۹ جایزه نوبل دریافت کرد. او دریافت که ذرات مادی از قبیل الکترون ویژگی‌های موج گونه‌ای دارند. ماهیت دوگانه‌ی ماده و نور (هریک از آن‌ها هم ویژگی‌های موج گونه و هم ویژگی‌های ذره گونه دارند) دوگانگی موج- ذره نامیده می‌شود.

تحلیل نور

خروجی تابش اجرام آسمانی ترکیبی از طول موج‌هاست. هنگامی که نور از یک منشور عبور داده می‌شود به طول موج‌های سازنده‌اش تجزیه شده و اثری را نتیجه می‌دهد که طیف نامیده می‌شود.

طیف یک ستاره معمولا دربردارنده خطوط تاریکی است که خطوط جذبی نامیده شده و توسط فوتون‌هایی ایجاد می‌شوند که در طول موج‌های خاصی به وسیله‌ی اتم‌های جو ستاره جذب شده‌اند.

از این خطوط می‌توان برای شناسایی عناصر شیمیایی موجود در جو ستاره استفاده کرد. طیف یک سحابی هم می‌تواند ترکیب آن را آشکار سازد. هنگامی که اتم‌های این سحابی به وسیلهٔ تابش یک ستاره‌ی نزدیک گرم می‌شوند، شروع به گسیل کردن نور خودشان می‌کنند. طیف حاصل که یک طیف نشری نامیده می‌شود متشکل از مجموعه‌ای از خطوط روشن است که نشان ویژهٔ عناصر مختلف هستند که مثل بارکُد عمل می کنند و برای مواد مختلف کاملاً منحصر به فردند.



طیف با یک خط جذبی ▲
هنگامی که یک ستاره از بین یک گاز سردتر مشاهده می‌شود خطوط تاریکی در طیف آن ظاهر می‌شوند. این خطوط توسط اتم‌هایی ایجاد می‌شوند که در گاز در طول موج‌های خاصی انرژی جذب می‌کنند.

طیف با یک خط نشری ▲
گازی که توسط انرژی یک ستارهٔ محلی گرم شده است، در طول موج‌های خاصی تابش را می‌کند. هنگامی که به طور غیرمستقیم این پدیده را مشاهده می‌کنیم می‌بینیم که این پدیده یک طیف با یک خط نشری تولید کرده است.

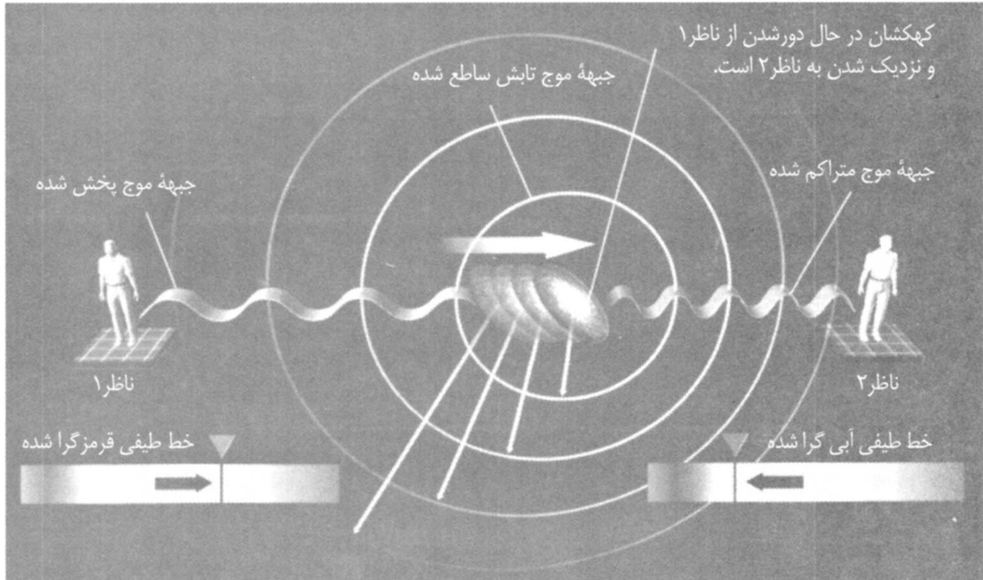
طیف پیوسته ▲
یک گاز داغ و چگال همچون یک ستاره یک طیف نور پیوسته از سطح خود تولید می‌کند که در آن

تغییر طول موج‌ها ▲

این تغییرات به دلیل پدیده‌ای به نام اثر دوپلر رخ می‌دهند. جبهه‌های موج نور یک جسم در حال دورشدن، کشیده می‌شوند و طول موج آن‌ها افزایش می‌یابد. درحالیکه جبهه‌های موج نور یک جسم در حال نزدیک شدن، جمع می‌شوند.

قرمزگرایی و آبی گرایی

اگر منبع تابش، نسبت به ناظر، در حال حرکت باشد طیف تابشی که توسط ناظر دریافت می‌شود تغییر می‌کند. اجرام آسمانی همواره در حال حرکتند. ستاره شناسان می‌توانند با اندازه گیری موقعیت خطوط طیفی که در مکان‌های خاصی هستند این تغییر را شناسایی کنند. ناظرانی که یک جسم در حال دورشدن را مشاهده می‌کنند، می‌بینند که خطوط طیفی آن به سمت طول موج‌های بلندتر رفته‌اند (قرمزگرایی). برای جسمی که در حال نزدیک شدن است این خطوط به سمت طول موج‌های کوتاهتر تغییر مکان می‌دهند (آبی گرایی). هرچه سرعت نسبی بین منبع و ناظر بیشتر باشد این تغییر نیز بیشتر است. کهکشان‌های دوردست قرمزگرایی‌های بزرگی از خود نشان می‌دهند و این نشان می‌دهد که آن‌ها با سرعت‌های بسیار زیادی در حال دور شدن هستند؛ این‌ها قرمزگرایی‌های کیهان شناختی نامیده می‌شوند.



تابش اجسام داغ ◄

نه تنها مجموع تابش اجسام داغ بیشتر است بلکه طول موج قلهٔ شدت هم کوتاهتر (به طرف انتهای آبی طیف نور) است. ستاره شناسان می‌توانند دمای ستارگان را با اندازه گیری قلهٔ طیف ستاره محاسبه کنند.

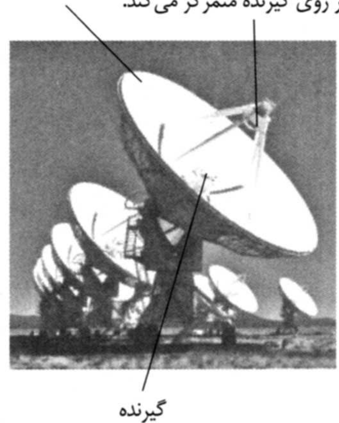




گسترهٔ طیف

اجرام آسمانی می‌توانند در پهنهٔ طیف الکترومغناطیس تابش گسیل کنند. این پهنه از امواج رادیویی شروع شده و با گذر از نور مرئی تا پرتوهای گاما به پیش می‌رود. بعضی از اجرام پیچیده مثل کهکشان‌ها و بقایای ابرنواختری تقریبا در تمام این طول موج‌ها تابش می‌کنند.

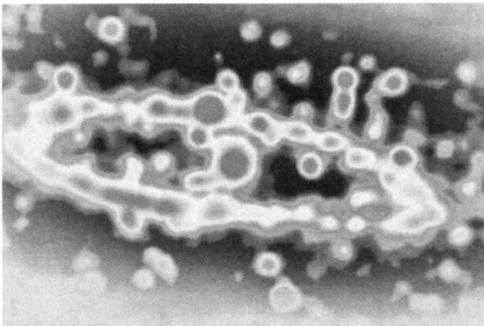
اجرام سرد تمایل دارند تا فوتون‌هایی با انرژی کمتر تابش کنند و از این رو تنها در طول موج‌های بلندتر قابل رؤیتند. در جهت پرتوهای گاما در انتهای طیف فوتون‌ها به طور فزاینده‌ای پرانرژی می‌شوند. پرتوهای پرانرژی X و گاما تنها از منابع بسیار داغی از قبیل گاز خوشه‌های کهکشانی یا وقایعی همچون بلعیده شدن ماده به وسیله سیاهچاله‌ها سرچشمه می‌گیرند. ستاره شناسان برای شناسایی همه این تابش‌ها و تشکیل تصاویر به مجموعه‌ای از ابزارها نیازمندند. هرنوع تابشی دارای ویژگی‌های متفاوتی است و باید به طریقی خاص جمع آوری و متمرکز شود. تابش در بسیاری از طول موج‌ها به سطح زمین نمی رسد و تنها به وسیله‌ی رصدخانه‌های ماهواره‌ای در بالای جو قابل شناسایی است.



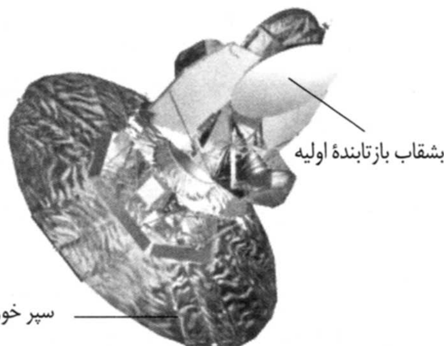
◀ امواج رادیویی

امواج رادیویی می‌توانند مترها طول داشته باشند. برای ایجاد تصاویر دقیق از چنین امواج بلندی این امواج را با استفاده از تلسکوپ‌هایی با آنتن های بشقابی بسیار بزرگ جمع آوری و متمرکز می‌کنند. ممکن است از یک بشقاب تنها یا آرایه‌ای از بشقاب‌ها استفاده شود. آرایهٔ بسیار بزرگ نیومکزیکو بزرگترین آرایهٔ رادیوتلسکوپ‌ها در جهان است. این آرایه از ۲۷ بشقاب تشکیل شده که هریک از آن‌ها ۲۵ متر قطر دارند و در یک شبکه راه ریلی Y شکل حرکت داده می‌شوند. داده‌های آن‌ها ترکیب می‌شود تا تصویری با جزئیات خوب به دست آید. این بشقاب‌ها یک آنتن غول پیکر با قطر مؤثر بشقابی معادل ۲۷ کیلومتر را به وجود می‌آورند.

کهکشان امواج رادیویی ◀



در این نقشه از کهکشان امراه المسلسله که به وسیله یک رادیوتلسکوپ تهیه شده است، بخش‌های زرد و قرمز نشان دهنده بیشترین شدت تابش امواج رادیویی هستند. برای تهیه چنین تصویری یک بشقاب رادیویی باید ناحیه‌ای از آسمان را اسکن کند. با نشانه رفتن بشقاب به هر محلی در آسمان، تلسکوپ رادیویی هم به تدریج با ثبت شدت امواج رادیویی در هر محل تصویری را به دست می‌دهد. در اینجا تفکیک پذیری پایین است زیرا امواج رادیویی خیلی بلند هستند. تابش‌های رادیویی به وسیلهٔ ابرهای هیدروژن در کهکشان‌ها و یا تابش از کهکشان‌ها و سیاهچاله‌ها تولید می‌شوند.



کاوشگر فضایی ریزموج ▲

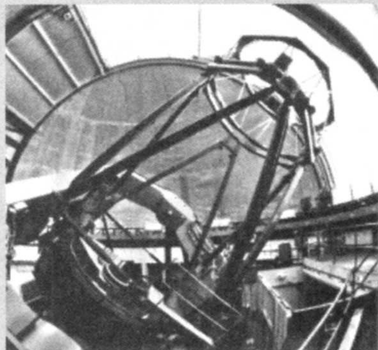
بیشتر ریزموج‌ها توسط جو زمین جذب می‌شوند. از این رو رصدخانه‌های ریزموج باید در فضا قرار داده شوند. کاوشگر ناهمسانگردی (آنیزوتروپی) ریزموج ویلکینسونWMAP (بالا) که در سال ۲۰۰۱ به فضا پرتاب شد یک فضاپیمای ناساست که با هدف نقشه‌برداری تابش ریز موج پس زمینه کیهانی از کل پهنه آسمان طراحی شده است. این تابش قدیمی‌ترین تابش الکترومغناطیس در کیهان است که بلافاصله بعد از انفجار بزرگ منتشر شده است. این کاوشگر در مداری پایا به دور خورشید و در فاصله‌ی ۱/۵ میلیون کیلومتری از زمین قرار داده شده است.



کیهان ریزموج ▲

فقدان منابع ریزموج در جهان اطراف ما یک خوش اقبالی است زیرا مشکلات مشاهده تابش پس زمینهٔ کیهانی را کاهش می‌دهد.

این تابش در طول موج‌های ریزموج به زمین می‌رسد. الگویتابش ریز موج کل آسمان آنگونه که به وسیلهٔ WMAP اندازه گیری شده در اینجا بر روی دو نیمکره به نمایش در آمده است.



تلسکوپ فروسرخ در قلهٔ کوه ▲

مقدار کمی از تابش فروسرخ، از فضا به سطح دریا در روی زمین می‌رسد، اما مقداری از این تابش به ارتفاعات و قله‌های کوه‌ها می‌رسد.

تعدادی از تلسکوپ‌های فروسرخ مثل تلسکوپ فضایی اسپیتزر ناسا به فضا پرتاب شده‌اند، اما بیشتر ستاره‌شناسی فروسرخ از رصدخانه‌های کوهستانی هدایت می‌شود. این تلسکوپ، یعنی تلسکوپ فروسرخ سلطنتیUKIRT در ارتفاع ۴۱۹۴ متری در هاوایی قرار دارد. همانند تلسکوپ‌های نوری این تلسکوپ هم از آینه‌هایی برای جمع آوری و متمرکزکردن تابش استفاده می‌کند. UKIRT با یک آینهٔ ۳/۸ متری به روشنایی و تفکیک پذیری بالایی دست می‌یابد. این تلسکوپ می‌تواند کهکشان‌های کم نور، کوتوله‌های قهوه‌ای، سحابی‌ها و مولکول‌های بین ستاره‌ای که در ناحیه‌ی فروسرخ می‌درخشند را نشان دهد. همچنین این تلسکوپ قادر است به درون سحابی‌های تولد ستاره‌ای با دقت نگریسته تا از ستارگان جوانی که درون آن‌ها می‌درخشند عکس برداری کند.

مرکز فروسرخ کهکشانی ▼

این تصویر فروسرخ به درون ناحیهٔ مرکزی کهکشان راه شیری نفوذ کرده است که در نور مرئی در پشت ابرهای انبوه غبار پنهان است. هسته‌ی کهکشان در بالا سمت چپ است.
قرمزی ستارگان در آن ناحیه و در طول صفحه کهکشانی به خاطر پراکندگی حاصل از غبار به وجود آمده است.



تلسکوپ اپتیکی نور مرئی ▲

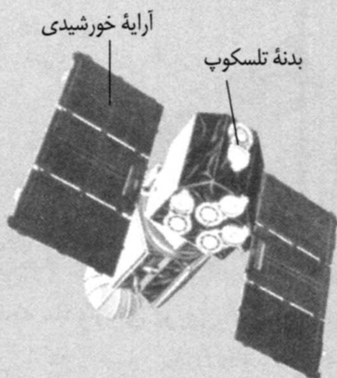
تلسکوپ‌های اپتیکی با بزرگترین آینه‌ها روشن‌ترین و دقیق‌ترین تصاویر و بیشترین قدرت را به دست می‌آورند. این تلسکوپ‌ها از انواع آماتوری مثل این نمونه با یک آینهٔ ۲۱/۵ سانتی متری تا تلسکوپ‌های رصدخانه‌های بزرگ با آینه‌هایی با عرض بیش از ۱۰ متر متغیرند.

تلسکوپ‌های برنامه ریزی شده شامل تلسکوپ بسیار بزرگ ۳۰ متری کالیفرنیا (CELT) و تلسکوپ مافوق بزرگ ۱۰۰ متری (OWL) هستند.



کهکشان نور مرئی ▲

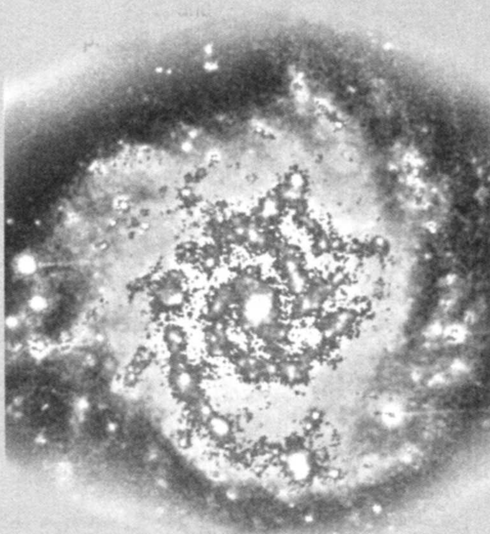
کهکشان M90 که در فاصلهٔ ۳۰ میلیون سال نوری دورتر از ما قرار دارد در اینجا آن طوری که چشمان بشر آن را از درون یک تلسکوپ بزرگ می‌بینند نشان داده شده است. این کهکشان به لحاظ اندازه مشابه راه شیری است. این تصویر در رصدخانهٔ ملی کیت پیک در آریزونای آمریکا گرفته شده است.



تلسکوپ مدارگرد فرابنفش ▲

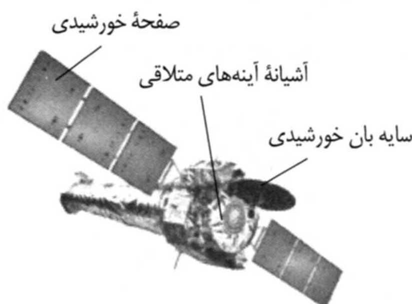
ماهواره‌ی کاوشگر فرابنفش دور ناسا منابع تابش فرابنفش دور (طول موج‌های خیلی کوتاه) را در طی دههٔ ۱۹۹۰ مورد مطالعه قرار داده است.

نور فرابنفش از منابع داغی از قبیل کوتوله‌های سفید، ستارگان نوترونی و کهکشان‌های سایفرت ناشی می‌شود.



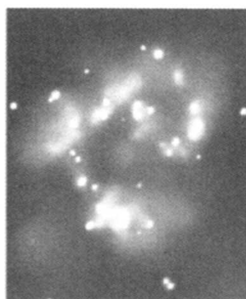
کهکشان فرابنفش ▲

این تصویر از کهکشان مارپیچی M74 ترکیبی از تصاویر نور مرئی و فرابنفش است. تابش پرانرژی فرابنفش به رنگ آبی و سفید است و مربوط به ستارگان جوان بسیار داغ در بازوهای مارپیچی و هستهٔ کهکشانی می‌باشد.



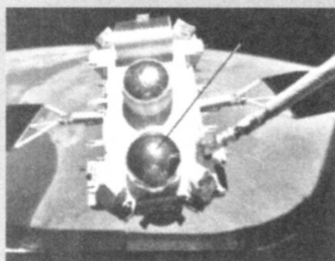
رصدخانه ماهواره‌ای پرتوی ایکس ▲

پرتوهای ایکس بسیار پرانرژی و آنقدر قدرتمند هستند که از درون آینه‌های معمولی گذر می‌کنند. تلسکوپ‌های پرتوی ایکس همانند رصدخانهٔ پرتوی ایکس چاندرا برای کانونی کردن پرتوهای ایکس از آینه‌های متلاقی خمیده از فلز براق که در کنار یکدیگر قرار گرفته اند استفاده می‌کنند. پرتوهای ایکس همانند گلوله‌ای که کمانه می‌کند به این آینه‌ها برخورد کرده و به سمت نقطهٔ کانونی می‌روند.



کهکشان پرتوی ایکس ▲

در این تصویر رصدخانه چاندرا، نواحی نارنجی- صورتی از دو کهکشان در حال برخورد (که کهکشان‌های شاخک نام دارند) نشان دهندهٔ ابرحباب‌های گاز داغی هستند که پرتوی ایکس ساطع می‌کنند. منابع پرتوی ایکس نقطه‌ای (نقاط درخشان) سیاهچاله‌ها و ستارگان نوترونی هستند.



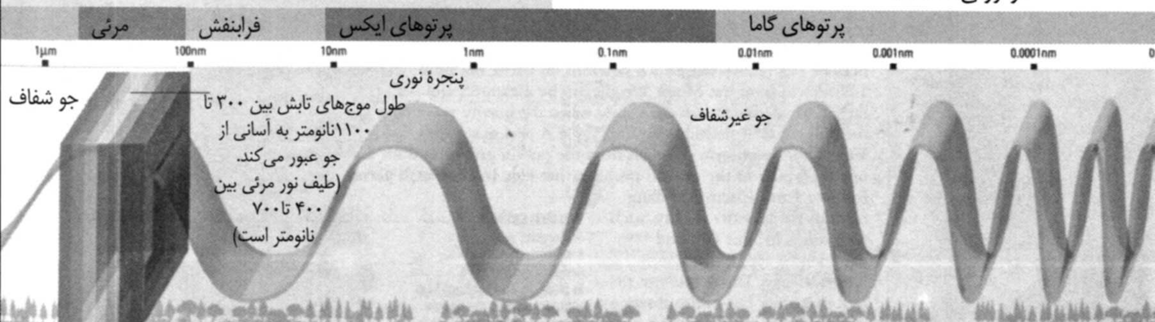
رصدخانه ماهواره‌ای پرتوی گاما ▲

پرتوهای گاما پرانرژی‌ترین امواج الکترومغناطیسی هستند که توسط پرانرژی‌ترین وقایع کیهانی آزاد می‌شوند. رصدخانه‌ی پرتوی گامای کامپتون در دهه ۱۹۹۰ به منظور مطالعهٔ پرتوهای گامای ناشی از پدیده‌هایی همچون ابرنواخترها، تپ اخترها و انفجارهای پرتوی گاما به دور زمین می‌گشت.



آسمان پرتوی گاما ▲

پرتوهای گاما آنقدر قدرتمندند که کانونی کردن تصاویر تیز آن‌ها غیر ممکن است. این نما آسمان، راه شیری را به صورت نوار روشنی نشان می‌دهد. منابع نقطه‌ای ممکن است ستارگان نوترونی و یا ابرنواخترها باشند. این تصویر مربوط به تلسکوپ پرتوی گامای پرانرژی EGRET در رصدخانه‌ی کامپتون است.



کاوش فضا

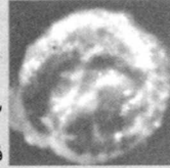
تصاویری از تابش‌های غیر مرئی

ستاره شناسان تلسکوپ‌هایی را ساخته‌اند که می‌توانند از تابش الکترومغناطیس غیر از نور مرئی هم اطلاعات جمع آوری کنند. اما آن‌ها هنوز هم با یک مشکل روبرو هستند و آن این است که چگونه این تابش غیرمرئی را به تصویر بکشند. پرکاربردترین تکنیک این است که از رایانه برای خلق تصاویر با رنگ ساختگی استفاده کنند. تصاویر به دست آمده از این روش جسم را در طول موج‌های خاصی از تابش نشان می‌دهند. گاهی اوقات از رنگ‌های مختلف به عنوان کد استفاده می‌شود اما اغلب از شدت‌های متغیر یک رنگ برای این کار استفاده می‌شود.

این تصاویر از ابرنواختر کپلر تابش را در نور مرئی، فروسرخ و دو طول موج متفاوت پرتوی ایکس نشان می‌دهند و دمای نواحی مختلف و ساختار کلی ابرنواختر را آشکار می‌سازند.

تصویر ترکیبی

تصاویر با رنگ ساختگی با یک تصویرهابل از بقایای ابرنواختری در نور مرئی ترکیب شده‌اند.





۳- تصویری که از تابش فروسرخ توسط تلسکوپ فضایی اسپیتزر گرفته شده است.



۲- انرژ ی پایین
(طول موج بلندتر) تصویر پرتوی ایکس از رصدخانهٔ چاندرا



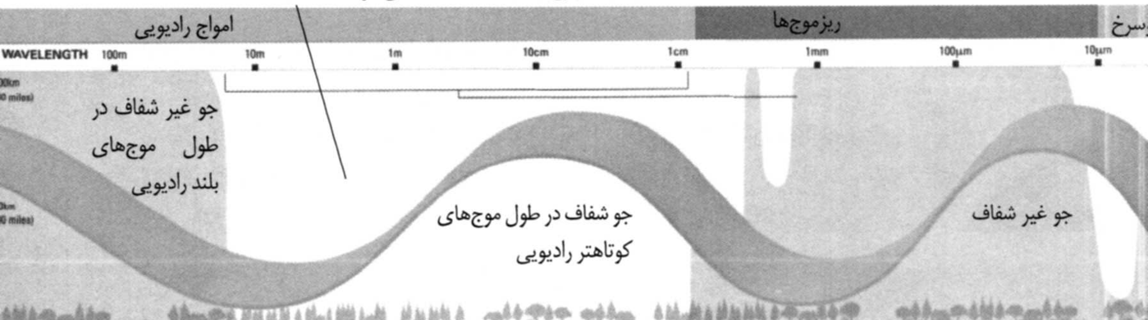
۱- انرژی بالا
(طول موج کوتاه) تصویر پرتوی ایکس از رصدخانهٔ چاندرا

پنجره‌ی رادیویی

تابش با طول موج‌های بین یک سانتی متر تا یازده متر از جو عبور می‌کند. این بخش از طیف که شامل برخی امواج رادیویی و برخی از ریزموج‌هاست پنجرهٔ رادیویی نامیده می‌شود.

جذب جوی

تنها انواع مشخصی از تابش الکترومغناطیس یعنی نور مرئی و برخی از امواج رادیویی می‌توانند به طور سرراست از جو زمین عبور کنند. انواع دیگر به مقادیر مختلفی جذب می‌شوند و تنها از فضا یا در ارتفاعات بالا قابل شناسایی می‌باشند. نواحی خاکستری ارتفاعی را مشخص می‌کنند که در آن طول موج‌های مختلف جذب می‌شوند.



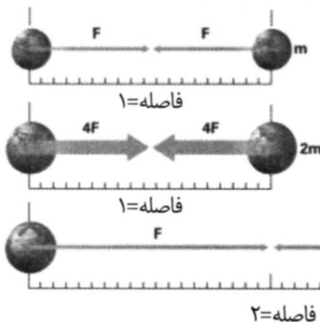


گرانش، حرکت و مدارها

گرانش نیروی جاذبه‌ای است که بین هر دو جسم در کیهان وجود دارد؛ نیرویی که هم ستارگان و کهکشان‌ها را در کنار هم نگه می‌دارد و هم موجب می‌شود که یک میخ سقوط کند. گرانش از بقیهٔ نیروهای بنیادی طبیعت ضعیف‌تر است. اما از آنجایی که این نیرو در فواصل دور و بین همهٔ چیزهایی که جرم دارند عمل می‌کند، نقشی عمده در شکل دهی کیهان داشته است. همچنین گرانش نقشی اساسی در تعیین مدارات و خلق پدیده‌هایی از قبیل حلقه‌های سیاره‌ای و سیاهچاله‌ها دارد.

گرانش نیوتونی

مطالعه گرانش توسط آزمایش‌های گالیئو گالیله در حدود سال ۱۵۹۰ آغاز شد که در آن‌ها اجسامی با وزن‌های مختلف، دقیقا با آهنگ‌های شتاب یکسانی بر روی زمین افتادند. در سال ۱۶۶۵ یا ۱۶۶۶ میلادی ایزاک نیوتون دریافت که آن نیرویی که موجب می‌شود اجسام سقوط کنند ممکن است در فضا هم وجود داشته باشد و مسئول نگهداشتن ماه در مدارش باشد. نیوتون با تحلیل حرکات چندین جسم سنگین قانون جهانی گرانش خود را فرمول بندی کرد. این قانون بیان می‌کند که هر جسمی در جهان یک نیروی جاذبه (گرانش) بر هر جسم دیگری اعمال می‌کند و در ضمن چگونگی تغییر این نیرو با جرم اجسام و فاصلهٔ آن‌ها را توضیح می‌دهد. تا امروز قانون نیوتون برای درک و پیش بینی حرکات بیشتر اجرام نجومی کاربردی باقی مانده است.



۱- دو جسم که هریک دارای جرم m هستند یکدیگر را با نیروی F می‌کشند.

با دو برابر کردن جرم هر جسم در حالیکه فاصلهٔ آن‌ها ثابت نگه داشته شده نیروی گرانشی بین آن‌ها چهار برابر شده و به 4F می‌رسد.

۳- دوبرابر کردن فاصلهٔ بین دو جسم نیروی گرانش آن‌ها را با ضریب ۴ کاهش داده و به F بر می‌گرداند.

جرم و فاصله ▲

هردو جسمی با نیروی گرانشی متناسب با جرم یکی از آن‌ها ضرب در جرم دیگر به سمت هم کشیده می‌شوند. این نیرو همچنین با مربع فاصلهٔ آن‌ها نسبت عکس دارد.

ایزاک نیوتون

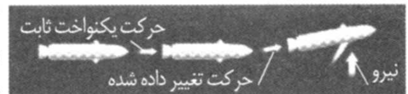


ریاضیدان و فیزیکدان انگلیسی، ایزاک نیوتون (۱۷۲۷-۱۶۴۲ میلادی) یکی از بزرگترین نوابغ علمی بوده که تاکنون زیسته است.
در کنار کشفیاتش در زمینه گرانش و حرکت، او فنون ریاضی حسابان را هم کشف کرد.
در سال ۱۷۰۵ میلادی، نیوتون اولین دانشمندی بود که به خاطر کارهایش مورد تقدیر قرار گرفت و ترفیع پیدا کرد.

قوانین حرکت نیوتون

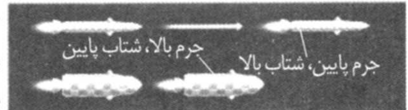
نیوتون از روی مطالعاتش بر روی گرانش و حرکت‌های اجرام سنگین و تعمیم مجدد مفاهیمی که اولین بار توسط گالیله مطرح شده بود، سه قانون حرکت خود را فرمول بندی کرد. قبل از نیوتون و گالیله مردم گمان می‌کردند که یک جسم در حال حرکت تنها در صورتی می‌تواند به حرکت خود ادامه دهد که نیرویی به طور پیوسته بر روی آن عمل کند. نیوتون در اولین قانون حرکت خود این ایده را نقض کرد. او بیان داشت که یک جسم در حال حرکت یکنواخت یا ساکن باقی می‌ماند مگر اینکه یک نیروی برآیند بر روی آن عمل کند (یک نیروی برآیند مجموع همهٔ نیروهایی است که بر روی یک جسم عمل می‌کنند). قانون دوم نیوتون بیان می‌کند که نیروی برآیندی که بر روی یک جسم عمل می‌کند موجب می‌شود که این جسم با آهنگی که به طور مستقیم با بزرگی نیرو متناسب است شتاب گیرد (سرعتش را تغییر دهد). این قانون همچنین بیان می‌کند که هرچه جرم یک جسم کوچکتر باشد شتابی که آن جسم به ازای نیروی وارد شده تجربه می‌کند بیشتر خواهد بود.

قانون سوم نیوتون بیان می‌کند که برای هر کنشی یک واکنش برابر و در خلاف جهت وجود دارد. برای مثال کشش گرانشی زمین بر روی ماه با نیروی کشش ماه بر روی زمین مطابقت دارد.



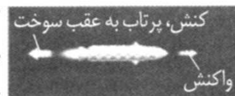
◀ ۴- قانون اول حرکت

یک جسم در حالت سکون یا حرکت با سرعت ثابت در یک خط راست باقی می‌ماند مگر اینکه تحت تأثیر یک نیروی برآیند قرار گیرد.



◀ ۵- قانون دوم حرکت

هنگامی که یک جسم با جرم کم و جسمی با جرم بزرگتر تحت تأثیر نیرویی با بزرگی یکسانی قرار می‌گیرند جسم کم جرم‌تر با آهنگ بالاتری شتاب می‌گیرد.



◀ ۶- قانون سوم حرکت

برای هر کنش یک واکنش برابر و در خلاف جهت آن وجود دارد. پرتاب رو به جلوی یک راکت واکنشی به پرتاب به عقب سوخت در حال سوختن است.

وزن و سقوط آزاد

اندازهٔ نیروی گرانشی که بر یک جسم وارد می‌شود وزن نامیده می‌شود. جرم ساکن یک جسم که (بر حسب کیلوگرم یا پوند اندازه گیری می‌شود) ثابت است، در حالیکه وزن آن (که بر حسب نیوتون اندازه گیری می‌شود) بر اساس قدرت محلی گرانش تغییر می‌کند.

یک جرم یک کیلوگرمی (۲/۲ پوندی) بر روی زمین ۹/۸ نیوتون وزن دارد، اما در روی ماه تنها ۱/۶۵ نیوتون وزن دارد. تنها زمانی می‌توان وزن را اندازه گرفت و احساس وزن را تجربه کرد که گرانشی که آن را تولید می‌کند توسط یک نیروی مخالف و ثانویه مورد مخالفت قرار گیرد. شخصی که بر روی زمین ایستاده احساس وزن می‌کند. زیرا به اندازهٔ کشش گرانش بر او، نیروی رانش مخالف زمین هم بر پاهای او اثر می‌کند.

بر خلاف این شخصی که در مداری به دور زمین می‌گردد تحت تأثیر گرانش واقعا سقوط به سمت زمین را تجربه می‌کند. چنین شخصی در حال سقوط آزاد است و بی وزنی ظاهری را تجربه می‌کند. این مسئله به دلیل نبود گرانش نیست بلکه به دلیل نبود نیروی مخالف گرانش است.



◀ بی وزنی

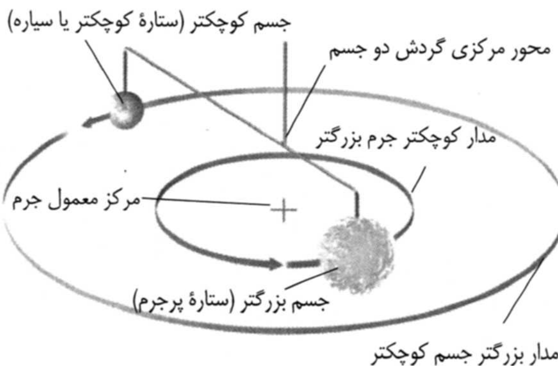
فضانوردان در حین آموزش باید مرتبا بی وزنی ظاهری را تجربه کنند. در اینجا یک هواپیما از ارتفاع بالا شیرجهٔ تندی می‌زند و فضانوردان در حال آموزش را در حالت سقوط آزاد قرار می‌دهد.

شکل های مدارها

هنگامی که جسمی در مداری به دور یک جسم دیگر که دارای جرم بیشتری است می‌گردد، در واقع در حال سقوط آزاد به سمت جسم بزرگتر است.

این جسم یک شتاب گرانشی ثابت به سمت جسم بزرگتر را تجربه می‌کند. این شتاب حرکت جسم را که در غیر این صورت یک حرکت خط راست می‌باشد به حرکتی در یک مسیر خمیده تبدیل می‌کند. هم جهت حرکت جسم و هم جهت شتاب مدام تغییر و مسیر خمیده‌ی جسم را ایجاد می‌کنند.

همهٔ مدارهای نزدیک در طبیعت دارای شکلی بیضوی (یک دایره‌ی کشیده) هستند. درجهٔ تفاوت یک بیضی از یک دایره کامل، خروج از مرکز نامیده می‌شود. بسیاری از مدارهای منظومه شمسی (از قبیل مدار حرکت ماه به دور زمین) خروج از مرکز بزرگی ندارند و این یعنی اینکه تقریبا دایره‌ای هستند. مدارهای دیگر از قبیل مدار پلوتو به دور خورشید خروج از مرکز بزرگی داشته و بسیار کشیده شده‌اند. برخی از اجرام آسمانی مدارهایی باز و بازگشت ناپذیر را به صورت منحنی‌هایی که سهمی و هذلولی نامیده می‌شوند طی می‌کنند.



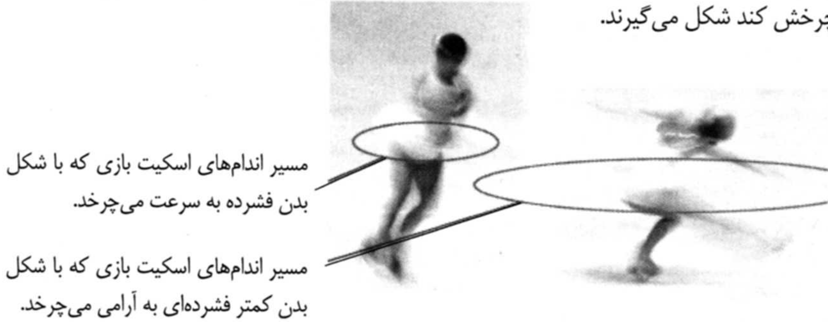
مرکز معمول جرم ◀

در یک سیستم مداری از دو جسم، جسم کوچکتر به سادگی به دور جسم بزرگتر نمی‌گردد. در عوض هردوی این اجسام به دور مرکز جرم مشترک گردش می‌کنند. در سیستم ماه و زمین، این نقطه در عمق زمین واقع شده است. برای دو جسم با جرم‌های نزدیک‌تر این نقطه در فضای بین دو جسم واقع می‌شود.

اجسام چگال چرخان

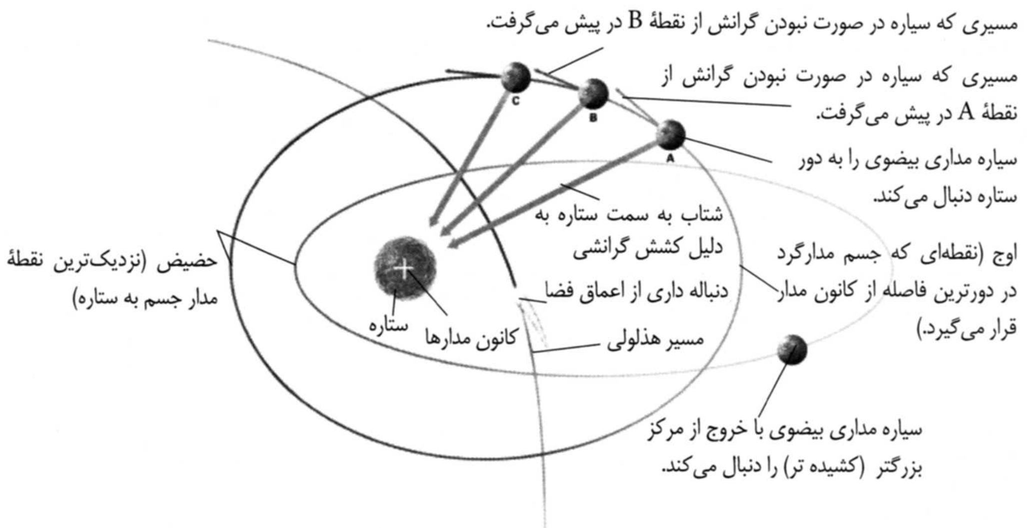
ستاره‌ها، تپ اخترها، کهکشان‌ها و سیارات همگی تحت حاکمیت قانون بقای اندازه حرکت زاویه‌ای در حال چرخشند. اندازه حرکت زاویه‌ای یک جسم به انرژی چرخشی آن مربوط می‌شود که آن نیز به توزیع جرم در آن جسم و سرعت چرخش آن بستگی دارد.

اندازه حرکت زاویه‌ای هر جسم چرخانی ثابت باقی می‌ماند. بنابراین اگر گرانش موجب شود که جسمی منقبض شود، آهنگ چرخش آن افزایش خواهد یافت تا توزیع جدید جرم را جبران کند. از این رو اجسام چگال با چرخش تند از اجسام پخش با چرخش کند شکل می‌گیرند.



اندازهٔ حرکت زاویه‌ای ▲

هنگامی که یک اسکیت باز اندام‌هایش را جمع می‌کند آهنگ چرخش او بالا می‌رود. به طور مشابه یک ابرگازی چرخان هنگامی که منقبض می‌شود سریع‌تر می‌چرخد.



اجسام مدارگرد ▲

آنچه در اینجا نشان داده شده دو مدار بیضوی با خروج از مرکزهای متفاوت و یک مسیر هذلولی است.

هر مداری حاصل اثر ترکیبی تمایل یک جسم برای حرکت با سرعت ثابت در یک خط راست و کشش گرانشی جسمی که به دور آن می‌گردد می‌باشد.



فضا و زمان

بیشتر مردم ادراکات عام مشترکی دربارهٔ جهان دارند. یکی ازآن‌ها این است که زمان برای همه با آهنگ یکسانی سپری می‌شود. دیگری این است که طول یک جسم جامد تغییر نمی کند.
در واقع چنین ایده‌هایی که زمانی اساس قوانین فیزیک به شمار می‌رفتند تصوراتی بیش نیستند. این ایده‌ها تنها در گستره محدودی از موقعیت‌ها که مردم با آن‌ها بیشتر آشنایند کاربرد دارند. در واقع زمان و فضا مطلق نیستند بلکه بر اساس دیدگاه‌های نسبی کشیده و خمیده می‌شوند. دیگر اینکه حضور ماده هم فضا و هم زمان را خمیده کرده و نیروی گرانش را تولید می کند.

مشکلات جهان نیوتون

مشکلات دیدگاه نیوتونی فضا و زمان نخستین بار در اواخر قرن نوزدهم نمایان شدند. تا آن زمان دانشمندان تصور می‌کردند که موقعیت‌ها و حرکت‌های اجسام در فضا باید نسبت به یک چارچوب مطلق و غیر متحرک قابل اندازه گیری باشد. آن‌ها تصور می‌کردند که این چارچوب با یک ملأ غیر مرئی که اتر نامیده می‌شد، پر شده است. با این حال در سال ۱۸۸۷ میلادی آزمایشی برای اندازه گیری حرکت زمین از بین این اتر از طریق شناسایی تغییرات سرعت نوری که در جهت‌های مختلف به درون این محیط فرستاده شده بود انجام شد. این آزمایش نتایج غیرمنظره‌ای دربرداشت. اول اینکه این آزمایش از اثبات وجود اتر بازماند. دوم اینکه مشخص کرد که نور همواره با سرعت یکسانی نسبت به یک ناظر حرکت می‌کند؛ حال حرکات خود ناظر هرچه که می‌خواهد باشد. این یافته نشان می‌داد که نور از قوانین حرکت نسبی که بر اجسام روزمره‌ای از قبیل خودروها و گلوله‌ها حاکم است تبعیت نمی کند. اگر شخصی بخواهد گلوله‌ای را با نصف سرعت گلوله دنبال کند، آنگاه سرعت دور شدن گلوله از آن شخص هم نصف می‌شود. با این حال اگر شخصی بخواهد تا یک موج نور را با نصف سرعت نور دنبال کند، نور دقیقا با همان سرعت قبلی اش به دورشدن از او ادامه می‌دهد.



◀ سرعت ثابت نور
نور چراغ‌های سقف یک تونل و چراغ‌های جلوی خودروهای در حال حرکت را با سرعت یکسانی نسبت به منبع خود ترک می‌کند. به طور متناقض نمایی نور هردو منبع، دقیقا با سرعت یکسانی به ناظری که در تونل ایستاده است می‌رسد.

آلبرت انیشتین



تحقیقات آلبرت انیشتین ریاضیدان و فیزیکدان متولد آلمان او را تبدیل به مشهورترین دانشمند قرن بیستم کرد. گرچه او جایزه نوبل را به خاطر کارش در مورد ویژگی‌های ذره گونهٔ نور برنده شد. اما بیشتر به خاطر نظریه‌های نسبیت خاص (۱۹۰۵) و نسبیت عام (۱۹۱۵) خود معروف است. این نظریه‌ها یک راه انقلابی جدید را برای فکرکردن در مورد فضا، زمان، جرم، انرژی و گرانش در برابر بشر نهادند.

اثرات نسبیت خاص

نتایج ناشی از اصول نسبیت خاص بسیار قابل توجه هستند. اینشتین با استفاده از آزمایش‌های استدلالی نشان داد برای اینکه سرعت نور در همهٔ چارچوب‌های مرجع یکسان باشد، اندازه‌های فضا و زمان در یک مرجع باید به اندازه‌های آن‌ها در چارچوب مرجع دیگر تبدیل شود. این تبدیلات نشان می‌دهند هنگامی که یک جسم با سرعت بالایی نسبت به ناظر حرکت می‌کند ناظر طول آن را کمتر می‌بیند. این اثر انقباض لورنتز نام دارد. همچنین به نظر می‌رسد که زمان برای چنین جسمی کندتر می‌گذرد. این اثر هم اتساع زمان نام دارد.

چنین اندازه گیری‌هایی از زمان و فضا بین مراجع چارچوب متحرک متغیرند. اینشتین همچنین نشان داد هنگامی که انرژی جسمی افزایش می‌یابد آن جسم جرم به دست می‌آورد و هنگامی که انرژی اش کاهش می‌یابد جرم از دست می‌دهد. این پدیده موجب شد تا او دریابد که جرم و انرژی هم ارزی دارند. او این هم ارزی را در معادله مشهور $E=mc^2$ بیان کرد.

◀ اتساع زمان

بر اساس پیش بینی نسبیت خاص ناظر زمینی خواهد دید زمان بر روی فضاپیمایی که با سرعتی نزدیک به سرعت نور نسبت به زمین حرکت می‌کند،کند می‌شود. در سرعتی برابر ۹۰٪ سرعت نور گذر زمان نصف می‌شود. یعنی ساعتی که بر روی فضاپیما قرار دارد در حالیکه بیش از ۲۰ دقیقه بر روی زمین سپری شده است تنها ۱۰ دقیقه به جلو می‌رود.

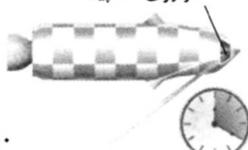


فضاپیمایی که با ۹۰٪ سرعت نور نسبت به زمین حرکت می‌کند.

۱۰ دقیقه سپری شده است.

ناظر روی زمین

۲۰ دقیقه سپری شده است.



ناظر روی فضاپیما

۲۰ دقیقه سپری شده است.



۱۰ دقیقه سپری شده است.

اثرات متقارن ◀

اثرات نسبیتی به طور متقارنی رخ می‌دهند. زیرا چارچوب مرجع مطلقی وجود ندارد. برای خلبان فضاپیما زمان بر روی زمین کندتر گذر می‌کند.

بیش از ۲۰ دقیقه در فضاپیما می‌گذرد در حالیکه خلبان می‌بینند که ساعت روی زمین تنها ۱۰ دقیقه به جلو رفته است.



◀ جرم، انرژی است.

در اوج وحشت اینشتین یکی از اولین کاربردهای معادلهٔ $E=mc^2$ ساخت بمب‌های اتمی از آب درآمد. در چنین بمب‌هایی گم شدن مقادیر اندکی جرم در واکنش‌های هسته‌ای مقادیر عظیمی از انرژی را آزاد می‌کند.

مسیر توپ ناظر ۲ آنگونه که
توسط ناظر ۲ دیده می‌شود.

مسیر توپ ناظر ۲ آنگونه که
توسط ناظر ۱ دیده می‌شود.

ناظر۲

دیدگاه ۲

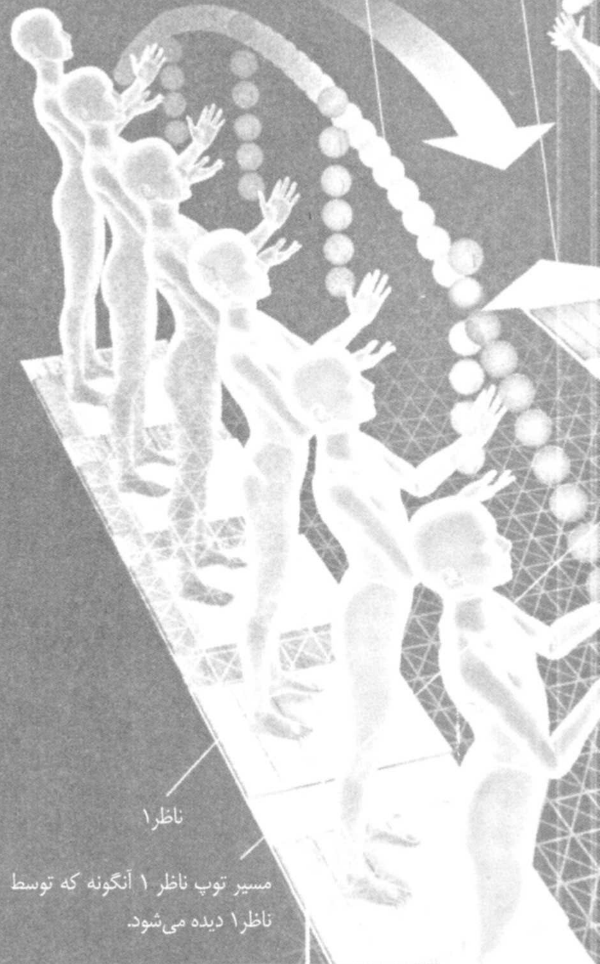
برای ناظر ۲ چنین به نظر می‌رسد که توپ قرمز درون چارچوب مرجعش به صورت عمودی حرکت می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد توپ سبز که در چارچوب مرجع دیگر در حرکت نسبی است یک مسیر کمانی شکل را دنبال می‌کند.

چارچوب‌های مرجع متحرک

در اینجا دو مسافر را می‌بینیم (در دو چارچوب مرجع) که از یکدیگر گذر می‌کنند. هریک از آن‌ها توپی را به بالا پرتاب می‌کند. بر اساس اصل نسبیت قوانین فیزیک در هر چارچوب مرجعی به کار می‌آید. بنابراین هریک از این مسافران رفتار این دو توپ را آنگونه که توسط آن قوانین پیش بینی می‌شود مشاهده می‌کند. گرچه هریک از این دو مسافر رفتار متفاوتی از هر توپ می‌بینند، اما دیدگاه هیچ یک از مسافران بر دیگری ترجیح ندارد و هردو به طور برابری متغیرند و در واقع هیچ چارچوب مرجع مرجحی وجود ندارد.

نسبیت خاص

آلبرت اینشتین در سال ۱۹۰۵ این ایده را که در جهان چارچوب مرجع مطلق یا مرجعی وجود داشته باشد رد کرد. به بیان دیگر همه چیز نسبی است. او همچنین ایدهٔ مطلق بودن زمان را رد کرد و این بدان معنی بود که نیازی نیست زمان با آهنگ یکسانی در همه جا سپری شود. برای جایگزینی ایده‌های قدیمی او نظریهٔ نسبیت خاص را شکل داد. این نظریه از آن رو خاص نامیده می‌شود که محدود به چارچوب‌های مرجعی با حرکت ثابت و تغییر ناپذیر است. (زیرا توسط هیچ نیرویی به این چارچوب‌ها شتاب وارد نمی شود.) او کل نظریه اش را بر روی دو اصل بنیان نهاد. اصل اول که اصل نسبیت نامیده می‌شود بیان می کند که قوانین یکسانی از فیزیک به طور برابری در همهٔ چارچوب‌های مرجع با حرکت ثابت به کار برده می‌شوند. دومین اصل بیان می‌دارد که سرعت نور ثابت است و مستقل از حرکت منبع نور یا ناظر می‌باشد. اینشتین دریافت که این اصل دوم با نظریه‌های پذیرفته شده در مورد چگونگی افزودن سرعت‌ها به هم ناسازگار است. علاوه بر اینکه به نظر می‌رسد ترکیب این اصل با اصل اول منجر به نتایج گیج کننده و غیر شهودی می‌شود. با این حال او متوجه شد که درک بیشتر مردم از زمان و فضا می‌تواند اشتباه باشد.



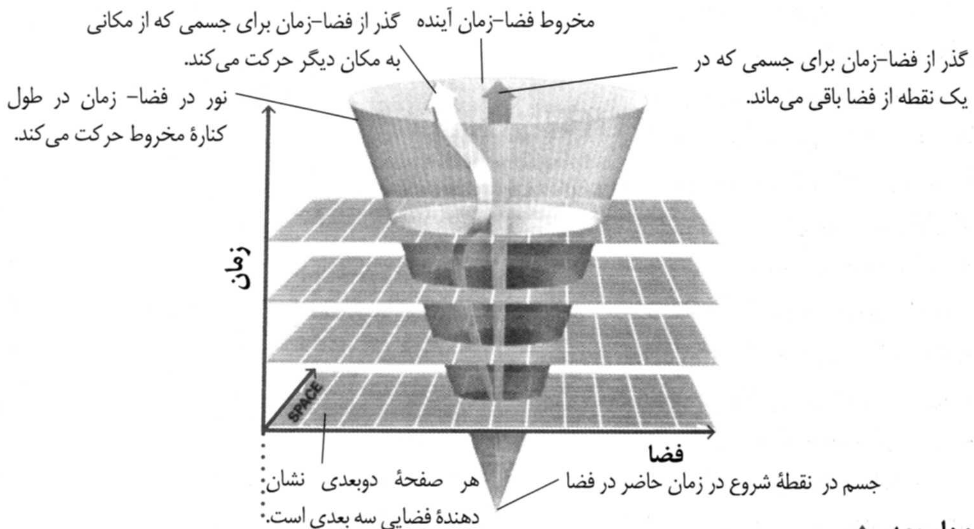
دیدگاه ۱

از دیدگاه ناظر ۱، توپ سبز داخل چارچوب مرجع خودش بالا و پایین می‌رود. اگر ناظر۱ در این مسیر در یک چارچوب مرجع در حرکت نسبی به توپ قرمز نگاه کند، به نظر خواهد رسید که توپ یک کمان را دنبال می‌کند.

فضا- زمان

یکی دیگر از مفاهیم نسبیت خاص این است که فضا و زمان به طور تنگاتنگی به هم مرتبطند. هنگامی که دو واقعه در مکان‌های مختلفی رخ می‌دهند اندازهٔ فضای بین آن‌ها مبهم است. زیرا ناظرانی که با سرعت‌های مختلفی حرکت می‌کنند فواصل متفاوتی را اندازه می‌گیرند. زمانی که بین این دو واقعه گذشته هم به حرکت هر ناظر بستگی دارد. با این حال می‌توان روشی ریاضی برای اندازه گیری فاصله این وقایع ابداع کرد.

در این روش با در نظرگرفتن ترکیبی از فضا و زمان می‌توان مقادیری را به دست آورد که همهٔ ناظران بر روی آن توافق دارند. این موضوع منجر به این نظر می‌شود که دیگر نباید وقایع جهان را در سه بعد فضایی توصیف کرد. بلکه باید به توصیف آن‌ها در یک جهان چهار بعدی پرداخت که زمان را هم در بر می‌گیرد و فضا- زمان نامیده می‌شود. در این سیستم فاصله بین هر دو رویدادی به وسیلهٔ مقداری که فاصلهٔ فضا- زمانی نامیده می‌شود توصیف خواهد شد.



چهار بعد ▲

در این نمایش فضا- زمان، زمان به سمت بالا و در جهت آینده حرکت می‌کند. در حالیکه سه بعد فضایی به صفحاتی دو بعدی کاهش یافته‌اند. مخروط نشان دهندهٔ محدودیت‌های مؤثر فضا-زمان برای هر جسمی است.

- مرز این مخروط به وسیلهٔ سرعت نور تعیین می‌شود.

کاوش در فضا

اندازه گیری زمان اتساع یافته



با نصب ساعت‌های اتمی در هواپیماهای جت و کنترل نگهداری زمان آن‌ها در مقایسه با ساعت‌های زمینی اثبات شده است که پیش بینی نسبیت خاص در مورد کشیده شدن زمان درست می‌باشد.

در اینجا فیزیکدان آمریکایی به نام‌هارولد لیونز یک آزمایش اولیه از این نوع را با کمک یک تصویر توضیح می‌دهد.

اتساع زمان نسبیتی نتایج کاربردی در برداشته است. ساعت‌های اتمی در سیستم‌های موقعیت یاب جهانی (GPS) در حدود ۷/۲ میکروثانیه در هر روز کندتر از ساعت‌های اتمی زمینی حرکت می‌کنند و بنابراین باید داده‌های آن‌ها برای حفظ دقت تطبیق داده شوند.

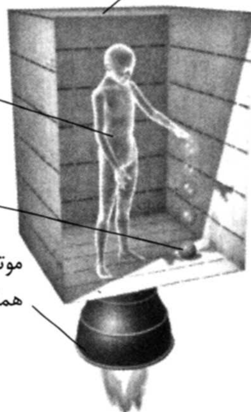


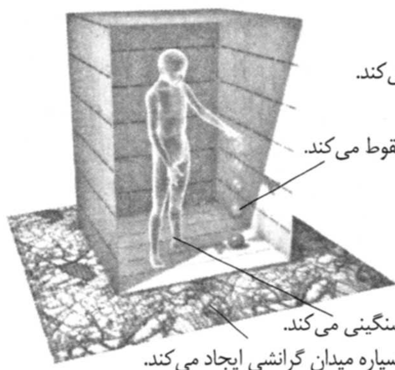
حرکت شتابدار

اینشتین که مطالعه اش را در زمینه نسبیت در مورد خاص چارچوب‌های مرجع در حرکت یکنواخت (چارچوب‌های مرجع لخت) کامل کرده بود، توجه خود را به سمت حرکت در حال تغییر یا شتابدار معطوف کرد. او به طور خاص ارتباط بین گرانش و شتاب را مورد آزمایش قرار داد. این آزمایش منجر شد تا او قضیه‌ای به نام اصل هم ارزی را فرمول بندی کند. این قضیه گرانش و شتاب را به عنوان جنبه‌های مختلف یک چیز توصیف می‌کند. به طور خاص اینشتین ابراز داشت که غیر ممکن است که یک آزمایش تفاوت بین بودن در حالت سکون در یک میدان گرانشی یکنواخت و شتاب دار بودن را نشان دهد. او با استفاده از آزمایش‌های استدلالی که در آن‌ها افرادی را در جعبه‌های دربسته تحت شرایط مختلف شتاب و گرانش قرار می‌داد این ایده را به تصویر کشید.
اینشتین که با اصل هم ارزی شروع کرده بود در سال ۱۹۱۵ پیچیده‌ترین و مهم‌ترین بخش کار خود یعنی نظریه‌ی نسبیت عام را ابداع کرد که تعریف جدیدی از گرانش ارائه می‌داد.

نور و گرانش

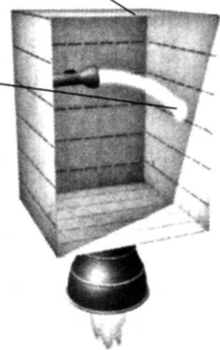
اینشتین با تجسم آزمایشات در چارچوب‌ها ی مرجع شتابدار و استفاده از اصل هم ارزی برای انتقال آن‌ها به موقعیت‌های گرانشی فرض کرد که نور علی رغم نداشتن جرم باید یک مسیر خمیده را در یک میدان گرانشی دنبال کند. گرچه او شاهد مستقیمی بر درستی این ادعا نداشت اما خودش را متقاعد کرد که ادعایش درست است.
(در سال ۱۹۱۹ مشاهدات ستاره شناسی نشان داد که این مسئله درست است.)
با توسعهٔ بیشتر این نظریه اینشتین فرض کرد که اثرات گرانشی ممکن است به وسیله جرم‌های بزرگ یا تجمعات انرژی ایجاد شده باشند که موجب انحناهای محلی در شکل فضا–زمان چهار بعدی شده‌اند. یعنی اینکه ممکن است گرانش نتیجه محض هندسی از اثر جرم بر روی فضا– زمان باشد.
اگر چنین باشد خمیدگی نور به دور یک جرم بزرگ به دلیل خمیدگی فضا– زمان به وسیله جرم ایجاد می‌شود.
به طور مشابه یک سیاره در مداری به دور یک ستاره، مثل زمین به دور خورشید، خط سیری خمیده را نه به دلیل کشش ستاره بر روی سیاره بلکه به دلیل خمیدگی فضا– زمان در مجاورت ستاره می‌پیماید.
در اینجا کوتاهترین مسیری که سیاره می‌تواند برای گذشتن از این ناحیهٔ خمیده در پیش بگیرد یک مسیر منحنی است.

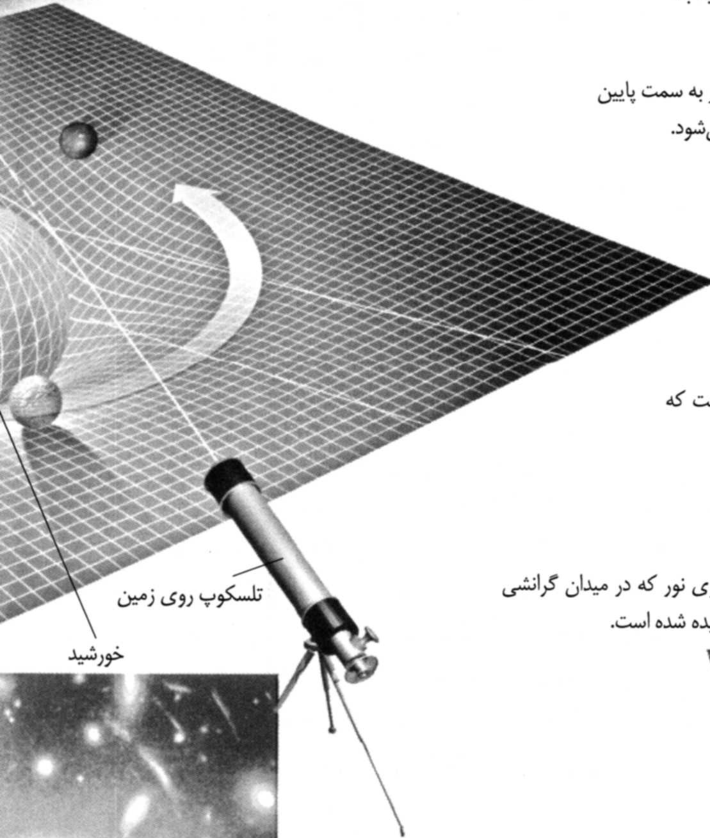


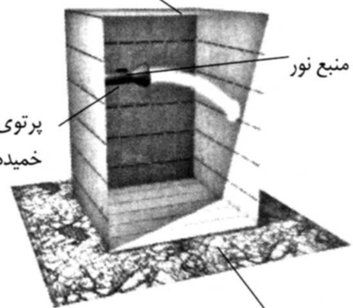


گرانش و شتاب به طور یکسانی احساس می‌شوند.

اگر شخصی را درون جعبه‌ای دربسته در حالت سکون و بر روی سطح سیاره‌ای با میدان گرانشی قوی قرار دهیم و سپس همین شخص را در همین جعبه در اعماق فضا و در حالی که به وسیلهٔ یک موشک شتاب دار می‌شود قرار دهیم، شخص نمی تواند تمایزی بین این دو موقعیت قائل شود.









آزمایش استدلالی با نور ▲

اگر یک پرتوی نور در طول جعبه‌ای که در حال شتاب گرفتن به سمت بالاست تابانده شود درون جعبه چنین به نظر می‌رسد که نور به سمت پایین خمیده شده است. با استفاده از اصل هم ارزی در آزمایشی مشابه که در جعبه‌ای در یک میدان گرانشی انجام می‌شود یک پرتوی نور باید مسیر خمیده‌ی مشابهی به سمت پایین را بپیماید.

موقعیت واقعی کهکشان

سیاره در حال گردش در مدار، مسیری بیضوی را دنبال می‌کند زیرا فضا-زمان در مجاورت خورشید خمیده است.

صفحهٔ لاستیکی دو بعدی نشان دهندهٔ فضا- زمان چهار بعدی است. تورفتگی‌ها در صفحه نشان دهندهٔ خمیدگی‌های فضا-زمان هستند.

فرورفتگی فضا-زمان

فضا-زمان را می‌توان به عنوان صفحه‌ای لاستیکی تصور کرد که اجسام پرجرم در آن فرورفتگی ایجاد می‌کنند. از این دیدگاه علت گردش سیارات به دور خورشید، گردش آن‌ها به دور فرورفتگی است که خورشید ایجاد کرده است.

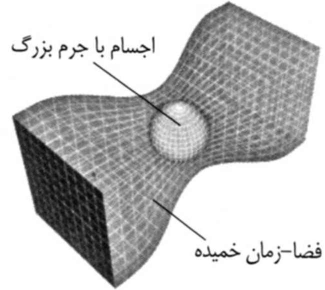
به طور مشابه نوری که از نزدیکی یک جسم پرجرم گذر می‌کند مسیر خطی مستقیم خودش را دنبال می‌کند که به خاطر دنبال کردن خمیدگی فضا-زمان کج شده است. با این حال به یاد داشته باشیم که این فضا-زمان چهار بعدی است که خمیده شده و نه فقط فضا.

گرانش نور را خمیده می‌کند

اثر گرانش بر روی مسیر نور مشخص نیست مگر اینکه ناظری به اعماق فضا و پرجرم‌ترین اجسام کیهان یعنی خوشه‌های کهکشانی بنگرد. این تصویر کهکشان‌ها را به صورت لکه‌های سفیدی نشان می‌دهد. مجموع گرانش آن‌ها نور را به حدی خم می‌کند که تصاویر کهکشان‌های دورتر به صورت نوارهای آبی که توسط گرانش خوشهٔ کهکشانی کشیده و له شده دیده می‌شوند.

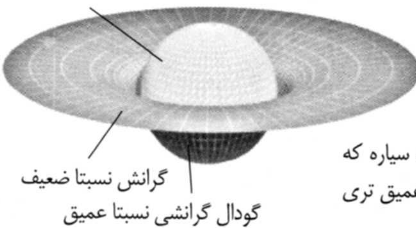
نسبیت عام در کار است

اینشتینن نظریه اش در مورد چگونگی خمیدگی فضا- زمان توسط جرم را در مجموعه معادلات میدان خود جمع بندی کرد. فیزیکدانان با استفاده از این معادلات دریافته‌اند که در قوی‌ترین میدان‌های گرانشی یعنی جایی که اجسام چگال پرجرم فضا–زمان را به شدت خمیده می‌کنند، حقیقت از آنچه که توسط نیوتون پیش بینی شده بود خیلی دور است. برای نمونه عطارد آنقدر به خورشید نزدیک است که همیشه در یک میدان گرانشی قوی (یا فضا–زمانی بسیار خمیده) حرکت می‌کند. مدار این سیاره به نوعی آنقدر غیر طبیعی است که نیوتون نتوانست آن را توضیح دهد.
اما نسبیت عام چارچوبی برای مدل‌های مربوط به ساختار، گسترش و سرنوشت نهایی کیهان ارائه می‌کند. بر اساس پیش بینی این نظریه کیهان باید یا در حال انبساط و یا در حال انقباض باشد. قبل از معرفی نسبیت عام، فضا و زمان تنها به عنوان عرصه‌ای که وقایع در آن اتفاق می‌افتند در نظر گرفته می‌شد. بعد از نسبیت عام فیزیکدانان دریافتند که فضا و زمان دارای سرشتی پویا هستند و می‌توانند تحت تأثیر جرم، نیروها و انرژی قرار بگیرند.



◀ فضای درهم تنیده

فضا–زمان چهار بعدی را به جای یک صفحهٔ دو بعدی می‌توان به صورت یک حجم سه بعدی نشان داد که در اطراف اجرام بزرگ کم پهنا شده و یا در هم تنیده است.

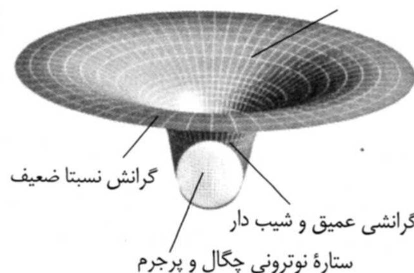


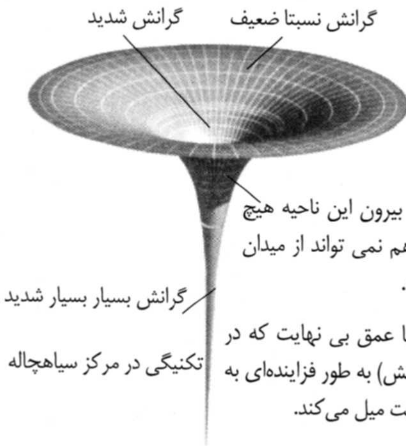
ستارهٔ کوتولهٔ سفید ◀

یک کوتولهٔ سفید، ستاره‌ای است بسیار چگال و با اندازه‌ای مشابه اندازهٔ یک سیاره که می‌توان فرض کرد نسبت به ستاره‌ای مانند خورشید، فرورفتگی کوچکتر اما عمیق تری را در فضا–زمان ایجاد می‌کند.

◀ ستارهٔ نوترونی

یک ستارهٔ نوترونی یک باقی ماندهٔ ستاره‌ای بسیار بسیار چگال است که فرورفتگی بسیار عمیقی در فضا–زمان ایجاد می‌کند. یک ستارهٔ نوترونی نوری را که از مجاورت آن می‌گذرد به طور قابل توجهی خمیده می‌کند اما نمی تواند آن را به دام اندازد.





سیاهچاله ◀

در یک سیاهچاله تمام جرم درون نقطه‌ای در مرکز با چگالی بی نهایت فشرده شده است. این نقطه تکنیگی نامیده می‌شود. یک تکنیگی پیچشی بی نهایت در فضا–زمان ایجاد می‌کند، یعنی یک گودال گرانشی نامتناهی.

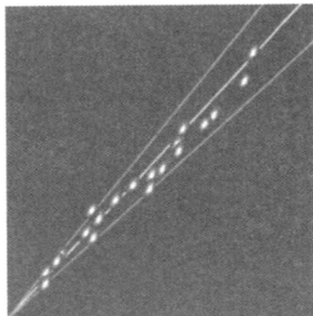


فضای در حال انبساط

یکی از ویژگی‌های اساسی کیهان این است که در حال انبساط است. کیهان باید در حال انبساط باشد زیرا کهکشان‌های دوردست به سرعت از زمین دور می‌شوند و کهکشان‌های باز هم دورتر با سرعتی باز هم بیشتر در حال دورشدن هستند. با این فرض که کیهان همیشه در حال انبساط بوده است، باید روزگاری هم کوچکتر و هم چگال‌تر بوده باشد. واقعیتی که نظریهٔ انفجار بزرگ به عنوان خاستگاه کیهان را به قوت پشتیبانی می کند.

اندازه گیری انبساط

آهنگ انبساط کیهان را می‌توان با مقایسه فواصل کهکشان‌های دور و سرعتی که با آن در حال دورشدن هستند محاسبه نمود. سرعت کهکشان‌ها با آزمودن قرمزگرایی طیف نور آن‌ها اندازه گیری می‌شود. فواصل کهکشان‌ها هم با شناسایی دسته‌ای از ستارگان به نام متغیرهای قیفاووسی و اندازه گیری چرخه‌های تغییر قدر این ستارگان محاسبه می‌شود. نتیجهٔ همهٔ این‌ها عددی است که به عنوان ثابت‌هابل شناخته می‌شود (اصطلاحی برای آهنگ انبساط کیهان). مقدار این ثابت مورد بحث کیهان شناسان بوده است اما در حال حاضر گمان می‌رود که در حدود ۸۰۰۰۰ کیلومتر بر ساعت در هر میلیون سال نوری می‌باشد. این بدان معناست که برای مثال دو کهکشانی که در فاصلهٔ یک میلیارد سال نوری از هم قرار گرفته‌اند با سرعت ۸۰ میلیون کیلومتر بر ساعت در حال دورشدن از یکدیگر هستند. در یک مقیاس زمانی آشنا، این انبساط واقعا تدریجی است. افزایش یک درصدی فاصلهٔ این کهکشان‌ها ده‌ها میلیون سال به طول می‌انجامد.

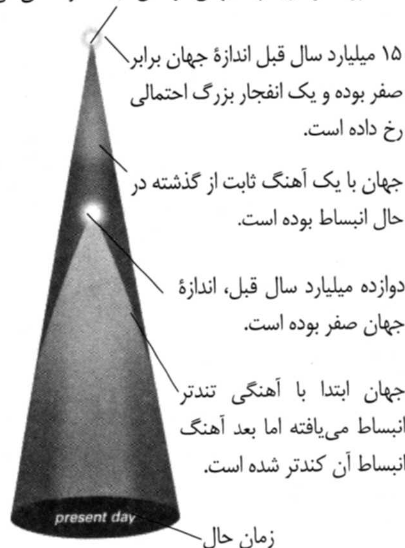


فاصله از زمین (که به وسیلهٔ ستارگان متغیر اندازه گیری شده است).

ثابت‌هابل ◀

سرعت عقب نشینی کهکشان‌های دوردست همراه با فاصله افزایش می‌یابد و این رابطه یک خط راست را در روی نمودار شکل می‌دهد.
تخمین‌های شیب خط مقادیری را برای ثابت‌هابل نتیجه می‌دهد.

مخروط دو تاریخچهٔ جهان در حال انبساط را نشان می‌دهد.



۱۵ میلیارد سال قبل اندازهٔ جهان برابر صفر بوده و یک انفجار بزرگ احتمالی رخ داده است.

جهان با یک آهنگ ثابت از گذشته در حال انبساط بوده است.

دوازده میلیارد سال قبل، اندازهٔ جهان صفر بوده است.

جهان ابتدا با آهنگی تندتر انبساط می‌یافته اما بعد آهنگ انبساط آن کندتر شده است.

زمان حال

◀ عمر کیهان

کیهان شناسان می‌توانند با برون یابی کردن آهنگ انبساط کیهان به سمت عقب و نقطه‌ای که در آن اندازهٔ جهان قابل مشاهده، صفر بوده است عمر کیهان را تخمین بزنند. بسته به چگونگی تغییر آهنگ انبساط، تخمین‌های عمر کیهان بین ۱۲ تا ۱۵ میلیارد سال متغیر است. بهترین تخمین فعلی ۱۳/۷ میلیارد سال است.

کهکشان‌های پراکندهٔ جوانی که هنوز متراکم نشده‌اند تا
یک مارپیچی جمع و جور را به وجود بیاورد.

فضای بین خوشه‌های کهکشانی به طور فزاینده‌ای
بزرگ و تقریبا خالی از گاز و غبار می‌شود.

انبساط شتاب دار

این تصویر مفهومی نشان می‌دهد که چگونه ناحیه‌ای از فضا ممکن است در طول یک دورهٔ ۹ میلیارد ساله تغییر کرده باشد. با انبساط فضا، کهکشان‌های درون آن هم از یکدیگر دورتر شده‌اند و در عین این دورشدن تحول یافته‌اند. این تغییر نشان می‌دهد که انبساط در حال سرعت گرفتن است و این سناریویی است که کیهان شناسان از آن پشتیبانی می‌کنند.

◀ طبیعت انبساط

چندین ویژگی قابل توجه در مورد انبساط جهان برقرار است: اول اینکه گرچه همهٔ کهکشان‌های دوردست در حال دورشدن هستند، اما نه زمین و نه هیچ نقطهٔ دیگری در فضا در مرکز عالم قرار ندارند. بلکه هرچیزی در عالم در حال دورشدن از چیزهای دیگر است و مرکزی در عالم وجود ندارد. دوم اینکه در یک مقیاس محلی گرانش بر انبساط کیهان شناختی غالب است و مواد را در کنار هم نگه می‌دارد. مقیاسی که این اتفاق در آن می‌افتد به صورت شگفت انگیزی بزرگ است. حتی کل خوشه‌های کهکشانی هم در برابر انبساط مقاومت می‌کنند و در کنار هم قرار می‌گیرند.

سوم اینکه درست نیست فکر کنیم کهکشان‌ها و خوشه‌های کهکشانی درون فضا در حال دور شدن از یکدیگر هستند. تصویر دقیق‌تر این است که خود فضا در حال انبساط است و اجسامی را که در آن هستند با خود حمل می‌کند. نهایتا اینکه تقریبا به طور قطع می‌توان گفت که آهنگ انبساط تغییر می‌کند. کیهان شناسان بسیار علاقه مندند تا از چگونگی تغییر آهنگ انبساط در آینده سر در بیاورند. آهنگ آیندهٔ انبساط در مورد سرنوشت نهایی کیهان تصمیم خواهد گرفت.

شش میلیارد سال قبل

سه میلیارد سال قبل

برخی کهکشان‌ها به صورت شکل‌های مارپیچی تحول می‌یابند.

زمان حال

کهکشان‌ها کم جمعیت‌تر می‌شوند.

گرانش محلی ▼

کهکشان‌های بالا در حال دورشدن از یکدیگر نیستند. علی رغم انبساط کیهان شناختی این کهکشان‌ها به ادغام ادامه خواهند داد. خوشه‌های کهکشانی هم به وسیلهٔ گرانش در کنار هم نگه داشته شده‌اند.

خوشهٔ کهکشانی که به وسیلهٔ گرانش مقید است انبساط نمی یابد.



سه میلیارد سال آینده

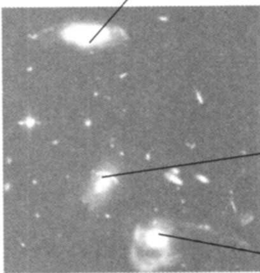
زمان و فضای در حال انبساط

انبساط پیوستهٔ فضا به همراه سرعت ثابت نور کیهان را تبدیل به یک ماشین عظیم زمان کرده است. میلیاردها سال طول کشیده است تا نور یک کهکشان دوردست به ما برسد. بنابراین ستاره شناسان این کهکشان را به گونه‌ای که میلیاردها سال پیش بوده است می‌بینند.

در نتیجه ستاره شناسان هرچه بیشتر به اعماق فضا نگاه کنند به بخش دورتری از تاریخ کیهان نگریسته‌اند. در نواحی دورتر، آن‌ها تنها کهکشان‌هایی را می‌بینند که به طور ناقصی شکل گرفته‌اند و آن طور که بلافاصله بعد از انفجار بزرگ بوده‌اند، دیده می‌شوند.

محوترین و دورترین کهکشان‌ها با سرعتی نزدیک به سرعت نور در حال دورشدن از زمین هستند. اگر ستاره شناسان میلیون‌ها سال چنین اجرامی را مشاهده کنند خواهند دید که این اجرام کندتر از حالتی که اگر نزدیک‌تر بودند و چنین با سرعت به عقب برده نمی شدند تحول می‌یابند. با این حال در فواصل دورتر و در ماوراء جهان قابل مشاهده ممکن است اجرام دیگری وجود داشته باشند که آنقدر با سرعت دور می‌شوند که نور آن‌ها هرگز به زمین نرسیده است.

کهکشان آبی جوان در فاصلهٔ ۴ میلیارد سال نوری آن طوری در تصویر دیده می‌شود که ۴ میلیارد سال پیش بوده است.



نگاهی به اعماق فضا ◄

این تصویر میدان عمیق‌هابل مجموعه‌ای از کهکشان‌ها را که در فواصل مختلف دیده می‌شوند نشان می‌دهد. هریک از این کهکشان‌ها طوری دیده می‌شود که میلیاردها سال پیش به آن شکل بوده است.

کهکشان بیضوی در فاصلهٔ ۶ میلیارد سال نوری دورتر از ما

کهکشان مارپیچی در فاصلهٔ ۳ میلیارد سال نوری دورتر ازما

ادوین‌هابل

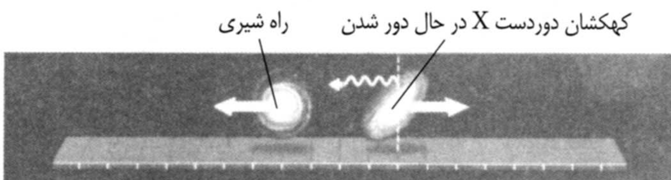


ستاره شناس آمریکایی به نام ادوین هابل (۱۹۵۳-۱۸۸۹) به این خاطر مشهور است که اولین کسی بود که اثبات کرد کیهان در حال انبساط است. او رابطهٔ مستقیم بین سرعت‌های عقب نشینی کهکشان‌های دوردست و فواصل آن‌ها از زمین، که اکنون به قانون‌هابل معروف است را به دست آورد. او همچنین به خاطر کارهای قبلی‌اش در اثبات قرار داشتن کهکشان‌ها در خارج از راه شیری و سیستم خود در دسته‌بندی کهکشان‌ها معروف است. بعدها تلسکوپ فضایی‌هابل و ثابت‌هابل هر دو به یاد او نامگذاری شدند.

انبساط فضا، کار تعیین فواصل اجرام دوردست را پیچیده می‌کند. خصوصا در مواردی که ما این اجرام را به گونه‌ای که بیش از ۵ میلیارد سال قبل بوده‌اند مشاهده می‌کنیم.
هنگامی که ستاره شناسان فاصلهٔ چنین اجرام دوردستی را عنوان می‌کنند، به طور قراردادی از فاصلهٔ عقب گرد یا زمان مسافرت نور استفاده می‌کنند.
این فاصله، فاصله‌ای است که نور جسم در فضا پیموده تا امروز به ما برسد و به ما می‌گوید که نور چه مدت قبل جسم را ترک کرده است.
اما از آنجایی که فضا در خلال این مدت انبساط یافته است فاصلهٔ کهکشان مورد نظر در هنگامی که نور سفر خود را به سمت زمین آغاز کرده است کمتر از فاصلهٔ عقب گرد است.
به طور معکوس فاصلهٔ واقعی تا جرم دوردست (که فاصلهٔ هم حرکتی نامیده می‌شود) بزرگتر از فاصلهٔ عقب گرد است.
لازم است که این تفاوت‌ها هنگامی که به عنوان مثال بیان می‌شود یک کهکشان در فاصلهٔ ۱۰ میلیارد سال نوری ماست لحاظ شود.

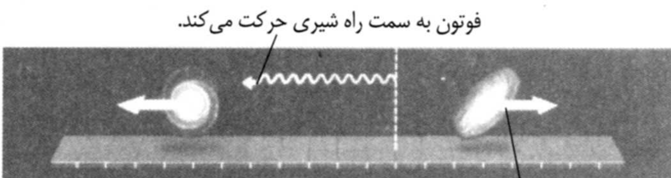
جهان‌های متغیر ▼

جسمی که عنوان می‌شود در فاصلهٔ ۱۱ میلیارد سال نوری دورتر از ما قرار دارد (فاصلهٔ عقب گرد) به خاطر اثرات انبساط کیهان فاصلهٔ واقعی بزرگتری دارد (فاصلهٔ هم حرکتی).



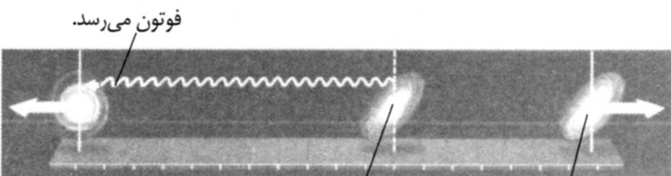
یازده میلیارد سال قبل

۱- یازده میلیارد سال قبل، یک فوتون نور از کهکشان دوردست X جدا شده و به طرف راه شیری حرکت می‌کند. این دو کهکشان در فاصلهٔ ۴ میلیارد سال نوری از یکدیگر قرار دارند.



۵ میلیارد سال قبل

۲- شش میلیارد سال بعد، فوتون هنوز به مقصدش نرسیده است زیرا فضا انبساط یافته و این کهکشان‌ها را به فاصله‌ای بسیار دورتر منتقل کرده است.



زمان حال

۳- فوتون به راه شیری می‌رسد جایی که ناظر، کهکشان X را آنگونه که ۱۱ میلیارد سال قبل در فاصلهٔ ۱۱ میلیارد سال نوری بوده است می‌بیند (فاصلهٔ عقب گرد).
در این حال فاصلهٔ واقعی کهکشان X (فاصلهٔ هم حرکتی) به ۱۸ میلیارد سال نوری افزایش یافته است.



فصل دوم: شروع و پایان جهان

می‌توان داستان کیهان را بر اساس نظریه انفجار بزرگ در مورد خاستگاه آن تا لحظات بسیار اولیه دنبال کرد. در مدل انفجار بزرگ، کیهان روزگاری بی نهایت کوچک، چگال و داغ بوده است. انفجار بزرگ یک فرآیند انبساط و سرد شدن را به راه انداخت که تا امروز ادامه یافته است. انفجار بزرگ در واقع یک انفجار ماده درون فضا نبوده است، بلکه انبساط خود فضا بوده و در آغاز زمان و فضا را به وجود آورده است. مدل انفجار بزرگ همهٔ ویژگی‌های کیهان را توضیح نمی دهد و از این رو اصلاح این نظریه در دست انجام است. با این حال دانشمندان از این مدل به عنوان چارچوبی برای ترسیم نقشهٔ تحول ادامه دار کیهان استفاده می‌کنند. منظور از تحول، وقایعی چون تجزیه ماده و تابش (هنگامی که اتم‌های اولیه شکل گرفته بودند) و چگالش اولین کهکشان‌ها و ستارگان می‌باشد. مطالعهٔ انفجار بزرگ و تعادل بین گرانش و نیرویی به نام انرژی تاریک، حتی می‌تواند به ما کمک کند تا چگونگی پایان جهان را پیش بینی کنیم.

جایگاه تولد ستاره ای

این ستون گاز و غبار ، سحابی دوکی است که یکی از فعالترین جایگاه‌های تولد ستارگان در راه شیری می‌باشد. ابرهای موادی که موجب تولد این ستارگان می‌شوند روزگاری بخش‌هایی از خود ستارگان بوده‌اند. بازیافت مواد در چرخه‌های ستارگان عامل مهمی در غنی سازی و تحول کیهان بوده است.

« برخی می‌گویند پایان جهان به صورت آتش خواهد بود و برخی می‌گویند به صورت یخ »

رابرت فراست

تثبیت و نابودی

جفت‌های ذره و پاد ذره از جمله کوارک‌ها و پاد کوارک‌ها هنوز هم دائما شکل می‌گرفتند و به شکل انرژی بازمی گشتند. برای هرنوع ذرات، دما بالاخره به حدی سقوط می‌کرد که این ذرات تثبیت می‌شدند. بعد از آن، این ذرات دیگر نمی توانستند از دریای انرژی پس زمینه شکل بگیرند. بیشتر ذرات آزاد و پاد ذره‌های هر نوع به سرعت نابود شدند و پسماند کوچکی از ذرات به جای ماند. با تثبیت کوارک‌ها و پاد کوارک‌ها در پایان دوران کوارک برخی از آن‌ها به جای نابودی شروع به تجمع در کنار یکدیگر و شکل دهی ذرات سنگین‌تر کردند.

میلیارد تریلون

تجزیهٔ نیروی الکتروضعیف

توضیح مطلب در صفحه ۶۱

زپتو ثانیه ثانیه | اتو ثانیه ثانیه | فمتو ثانیه ثانیه | پیکو ثانیه ثانیه | نانو ثانیه ثانیه

بوزون هیگز (فرضی)

فوتون

پاد نوترینو

کوارک‌ها به وسیلهٔ گلئون‌ها در قالب ذرات سنگین تری مقید می‌شوند.

شکل گیری و نابودی کوارک- پاد کوارک

تثبیت و نابودی

توضیح مطلب در بالای صفحه

بوزون هیگز (فرضی)

گراویتون (فرضی)

بوزون W

بوزون X در حال تجزیه

جفت کوارک- پاد کوارک

بوزون X

پاد کوارک

ماده بیشتر از پاد ماده

توضیح مطلب در صفحه ۶۱

محصولات تجزیهٔ بوزون X (ذره و پاد ذره)

کوارک

پاد کوارک

ذرات و پاد ذرات با هم برخورد کرده و مادهٔ ترکیبی آن‌ها به انرژی محض (فوتون) تبدیل می‌شود.

مقدار کمی از ذرات بر جای مانده

کوارک‌ها و پاد کوارک‌ها از انرژی به وجود می‌آیند و بلافاصله بعد از برخورد با یکدیگر به حالت انرژی برمی گردند.

اولین میکروثانیه

خط زمانی بر روی این صفحه و صفحهٔ قبل برخی از وقایع را در طی اولین میکروثانیه (یک میلیونم ثانیه) پس از انفجار بزرگ نشان می‌دهد. در پایان این دوره، دمای کیهان از ده میلیارد تریلیون تریلیون درجه سانتی‌گراد به تنها ده تریلیون درجه سانتی‌گراد سقوط کرد.

خط زمانی به قطر جهان قابل مشاهده اشاره دارد: این قطر تقریبی تاریخ بخشی از کیهان است که ما می‌توانیم در حال حاضر مشاهده کنیم.

دوران پلانک

هیچ یک از نظریه‌های کنونی فیزیک نمی تواند توضیح بدهد که در طی این زمان چه اتفاقی در کیهان افتاده است.

تکنیگی در شروع زمان

قطر			
دما	تریلون تریلون		میلیارد تریلون
	دوران تورم توضیح مطلب در صفحه ۶۱	**دوران کوارک** توضیح مطلب در صفحه ۶۱	
زمان	یک صد میلیاردم یکتو ثانیه (ده به توان منفی سی و پنج ثانیه)	یک صد میلیونم یک یکتوثانیه (ده به توان منفی سی و هفت ثانیه)	یک یکتوثانیه منفی بیست و چهار ثانیه)

دوران نظریهٔ وحدت بزرگ

در طی این دوران ماده و انرژی کاملا تبادل پذیر بودند و سه تا از نیروهای بنیادین طبیعت هنوز هم متحد بودند.

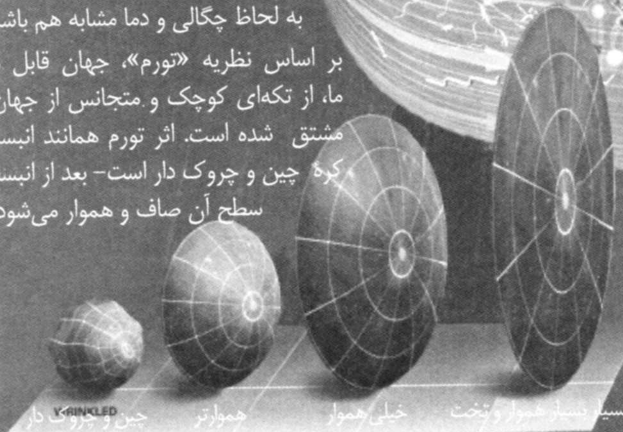
تورم ▼

در یک انفجار بزرگ بدون تورم، نواحی از کیهان که امروزه به طور گسترده‌ای از هم فاصله دارند هرگز نمی توانسته‌اند اینقدر به لحاظ چگالی و دما مشابه هم باشند.

بر اساس نظریه «تورم»، جهان قابل مشاهدهٔ ما، از تکه‌ای کوچک و متجانس از جهان اصلی مشتق شده است. اثر تورم همانند انبساط یک کره چین و چروک دار است- بعد از انبساط سطح آن صاف و هموار می‌شود.

سوپ ذرات

توضیح مطلب در صفحه ۶۱





انفجار بزرگ

گمان می‌رود که زمان ، فضا ، انرژی و ماده همگی در ۱۳/۷ میلیارد سال قبل در حادثه‌ای به نام انفجار بزرگ به وجود آمده‌اند.

کیهان در اولین لحظاتش بی نهایت چگال و به طور غیر قابل تصوری داغ و دارای انرژی محض بود. اما در طی کسر کوچکی از ثانیه در نتیجهٔ سرد شدن کیهان تعداد بینهایت زیادی از ذرات بنیادین از انرژی خلق و پدیدار شده بودند. این ذرات در طی چند هزار سال با هم ترکیب شدند تا اولین اتم‌ها را به وجود بیاورند.

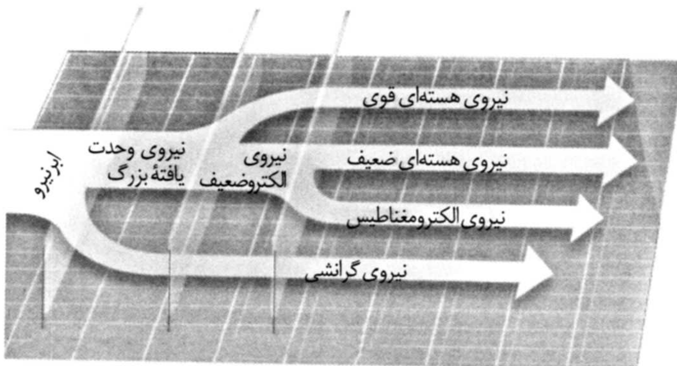
در آغاز

انفجار بزرگ یک انفجار در فضا نبود بلکه انبساط فضا بود که در همه جا رخ داد.

فیزیکدانان نمی دانند که در اولین لحظات پس از انفجار بزرگ (که به عنوان دوران پلانک شناخته می‌شود) چه اتفاق افتاده، اما باور دارند که در پایان این دوره گرانش از دیگر نیروهای طبیعت جدا شد. این فرآیند با جدایی نیروی هسته‌ای قوی ادامه یافت.

بسیاری بر این باورند که این واقعه تورم (یک انبساط سریع اما کوتاه) را به راه انداخته است. اگر تورم اتفاق افتاده باشد به ما کمک خواهد کرد که توضیح دهیم چرا کیهان این قدر هموار و یکنواخت به نظر می‌رسد.

در طول تورم مقادیر چشمگیری از جرم – انرژی همراه با مقادیر برابر اما منفی از انرژی گرانشی به وجود آمد. در پایان تورم ماده شروع به ظاهرشدن کرده بود.



جدایی نیروها ▲

فیزیکدانان بر این باورند که در دماهای به حد زیادی بالا که فقط بعد از انفجار بزرگ موجود بوده، چهار نیروی بنیادین با هم متحد بوده‌اند. سپس با سرد شدن کیهان، این نیروها در بازه‌های زمانی که در اینجا نشان داده شده از هم جدا شدند.

دوران تورم

بخشی از کیهان از اندازه‌ای میلیاردها بار کوچکتر از یک پروتون به چیزی به‌اندازهٔ یک زمین فوتبال انبساط یافت.

دوران کوارک

این دوران که گاهی دوران الکتروضعیف هم نامیده می‌شود شاهد مقادیر عظیمی جفت‌های کوارک و پادکوارک بوده که از انرژی به وجود آمده و آن گاه با نابودکردن هم به حالت انرژی برگشته‌اند. در این دوران گلئون‌ها و دیگر ذرات عجیب و غریب هم ظاهر شدند.

سوپ ذرات

گمان می‌رود که در حدود ده به توان سی و هفت ثانیه پس از انفجار بزرگ، جهان به صورت سوپی از ذرات و پادذرات بنیادین بوده است.

این‌ها به طور مداوم به صورت جفت‌های ذره–پاد ذره از انرژی شکل گرفته و آنگاه با هم برخورد و با نابودی هم به شکل انرژی بازگشته‌اند. در بین این ذرات، برخی از آن‌ها امروزه هنوز هم وجود دارند و به صورت اجزای ماده یا ذرات حامل نیرو هستند. این ذرات شامل کوارک‌ها و پاد ماده‌ی آن‌ها (پاد کوارک‌ها) و بوزون‌هایی از قبیل گلئون‌ها می‌باشند. ذرات دیگر هم ممکن است بوده‌اند که دیگر وجود ندارند و یا شناسایی آن‌ها دشوار است. شاید برخی از گراویتون‌ها (ذرات فرضی حامل گرانش) و بوزون‌های هیگز که آن‌ها هم فرضی هستند و به ذرات دیگر جرم می‌رسانند جزء این دسته باشند.

ماده بیشتر از پاد ماده

یکی از ذراتی که گمان می‌رفت در طی لحظات اولیهٔ انفجار بزرگ وجود داشته است یک ذرهٔ بسیار پرجرم به نام بوزون X بود (همراه با پاد ذرهٔ خودش پاد بوزون X). بوزون X و پاد ذره‌اش ناپایدار بودند و به ذرات و پاد ذرات دیگری چون کوارک‌ها، پاد کوارک‌ها، الکترون‌ها و پوزیترون‌ها (پاد الکترون‌ها) تجزیه شدند.

یکی از ویژگی‌های بوزون X و پاد ذره‌اش این است که وقتی تجزیه می‌شوند تعداد ذرات بیشتری نسبت به پاد ذرات تولید می‌کنند. منظور از بیشتر چیزی در حدود یک میلیارد و یک ذره نسبت به هریک میلیارد ذره است. بعدها هنگامی که این ذرات و پاد ذرات نابود شدند، پس ماندی از ذرات بر جای ماند.

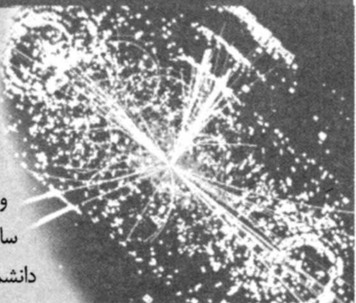
فرض بر این است که این ذرات همه‌ی ماده‌ای که اکنون در کیهان است را به وجود آورده‌اند.

تجزیهٔ نیروی الکتروضعیف

در نزدیکی پایان دوران کوارک نیروی الکتروضعیف به دو نیروی الکترومغناطیس و اندرکنش ضعیف تجزیه شد. پس از آن نیروهای طبیعت و قوانین فیزیک به گونه‌ای درآمدند که اکنون تجربه می‌شوند.

کاوش فضا

بازآفرینی جهان اولیه



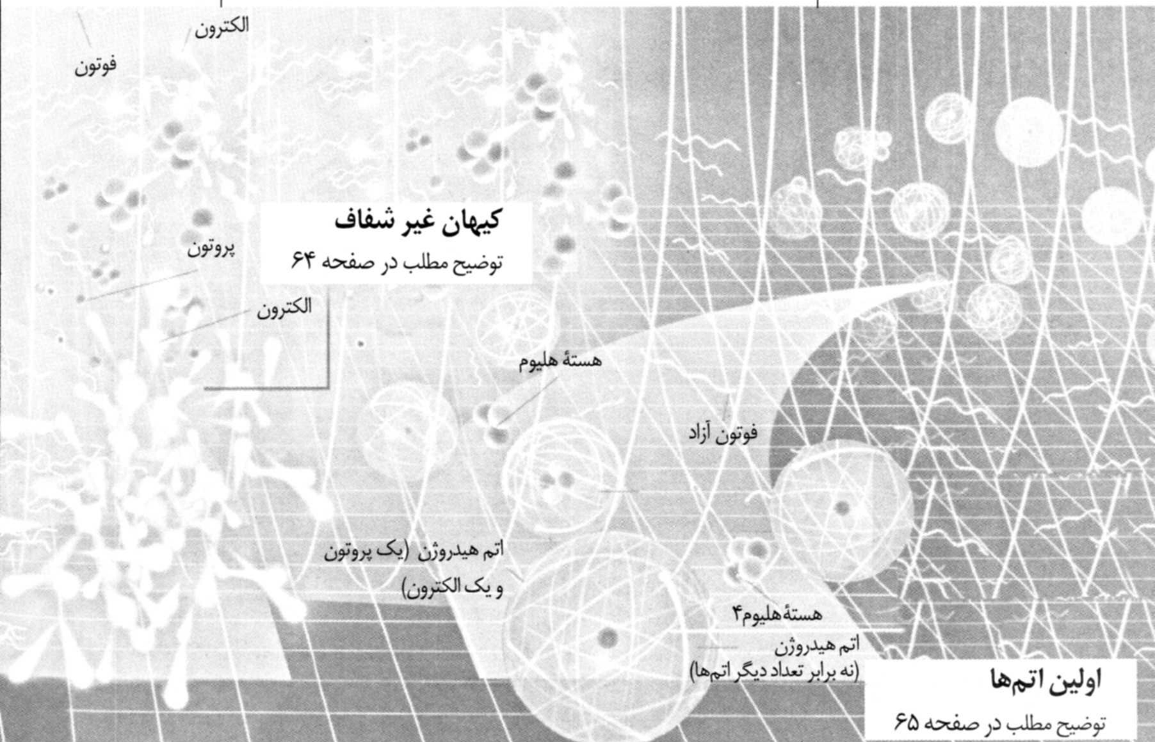
در مرکز تحقیقات هسته‌ای اروپا که به عنوان سرن (CERN) هم شناخته می‌شود فیزیکدانان ذرات، در حال آشکار ساختن جزئیات دقیق‌تری از جهان اولیه به وسیلهٔ برخورد دادن ذرات با یکدیگر در شتاب دهنده‌های ذرات و جست و جوی ردپای دیگر ذرات بنیادین هستند. آن‌ها برای انجام چنین کاری اجزای سازندهٔ ماده و نیروهایی را که اندرکنش‌های آن‌ها را کنترل می‌کنند کاوش می‌کنند. دانشمندان سرن حتی شرایطی مشابه شرایط لحظاتی کوتاه پس از انفجار بزرگ را بازآفرینی کرده‌اند. آن‌ها این کار را به وسیله‌ی خلق پلاسمای حاوی کوارک‌ها و گلئون‌های آزاد انجام داده‌اند.

برخورد فوتون‌های بسیار پرانرژی

در این تصویر که به وسیلهٔ یک شناساگر در برخورد دهندهٔ بزرگ‌هادرون در سرن به دست آمده است خطوط زرد مسیرهای ذراتی را نشان می‌دهند که از برخورد فوتون‌های بسیار پرانرژی تولید شده‌اند.

ادغام ماده

چیزی در حدود یک میکروثانیه (یک میلیونم ثانیه) بعد از انفجار بزرگ کیهان جوان علاوه بر کوانتاهای انرژی تابشی یا فوتون‌ها حاوی سوپی متلاطم از کوارک‌ها، پاد کوارک‌ها و گلئون‌ها بود. همچنین دسته‌ای از ذرات بنیادین به نام لپتون‌ها (عمدتا الکترون‌ها، نوترینوها و پاد ذره‌های آن‌ها) از انرژی به وجود آمده و سپس با نابودی به حالت انرژی بر می‌گشتند. این مرحله آغازی برای فرآیندهای بعدی شکل گیری ماده بود که منجر به کیهان کنونی ما شد. در ابتدا کوارک‌ها و گلئون‌ها در کنار هم قرار گرفتند تا ذرات سنگین تری (خصوصا پروتون و تعداد کمتری نوترون) را تشکیل دهند.
بعد از آن نوترون‌ها با برخی از پروتون‌ها ترکیب شدند تا هستهٔ اتمی را به وجود آورند (عمدتا هستهٔ هلیوم). پروتون‌های باقی مانده بدون ترکیب باقی ماندند و هستهٔ اتم‌های هیدروژن را شکل دادند.
در نهایت بعد از نیم میلیون سال کیهان به اندازه‌ی کافی سرد شد تا الکترون‌ها بتوانند با پروتون‌های آزاد و هسته‌های هلیوم ترکیب شوند و به این شکل اولین اتم‌ها را شکل دهند.



نیم میلیون سال بعد

خط زمانی این دو صفحه وقایعی را از یک میکروثانیه تا ۵۰۰۰۰۰ سال بعد از انفجار بزرگ نشان می‌دهد. دما در این مدت از ۱۰ تریلیون درجهٔ سانتی گراد به ۲۵۰۰ درجه سقوط کرد.
اندازهٔ جهان قابل مشاهدهٔ امروز در ان زمان از ۱۰۰ میلیارد کیلومتر (حدود ۵۰ ساعت نوری) به میلیون‌ها سال نوری افزایش یافت.

۱۰ سال نوری (یک سال نوری = ۹/۴۹ تریلیون کیلومتر)

قطر
دما

میلیارد
تریلیون

میلیارد
تریلیون

بیلیارد

دوران هادرون
توضیح مطلب در صفحه ۶۴

دوران لپتون
توضیح مطلب در صفحه ۶۴

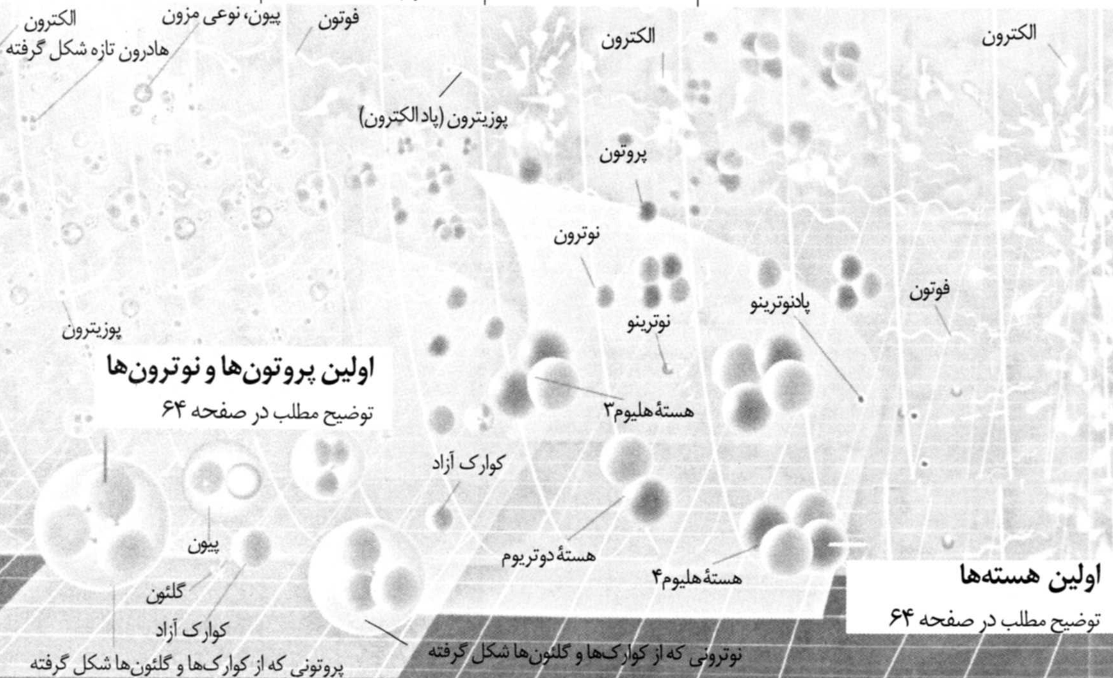
دوران ترکیب هسته ای
توضیح مطلب در صفحه ۶۴

زمان

۱ میکروثانیه، ۱۰ ثانیه، ۱ میلیونم ثانیه

۱ میلی ثانیه، ۱۰ ثانیه، ۱ هزارم ثانیه

۱ ثانیه



اولین پروتون‌ها و نوترون‌ها

بعد از یک میکروثانیه جهان آنقدر سرد شده بود که کوارک‌ها و پادکوارک‌ها به صورت دوتایی و سه تایی با انواع خود ترکیب شده و ذرات سنگین تری را در فرآیندی به نام تقید کوارک شکل دادند. کوارک‌های بالا و کوارک‌های پایین با گلئون‌ها ترکیب شدند تا پروتون‌ها و نوترون‌ها را بسازند. هادرون‌های دیگری هم از قبیل مزون‌ها و پاد باریون‌ها شکل گرفتند، اما زود یا از هم پاشیدند یا نابود شدند. در ثانیهٔ بعد باقی مانده‌های پروتون‌ها و نوترون‌ها توانستند به یکدیگر تبدیل شده و با این کار الکترون و نوترینو تابش و جذب کنند.

دوران‌هادرون

در حوالی ابتدای این دوره کوارک‌ها و پاد کوارک‌ها شروع به ترکیب با انواع خود کردند تا ذراتی به نام‌هادرون‌ها را تشکیل دهند. این ذرات (هادرون‌ها) شامل باریون‌ها (پروتون‌ها و نوترون‌ها)، پادباریون‌ها و مزون‌ها بودند.

دوران‌لپتون

در طی این دوره تعداد لپتون‌ها (الکترون‌ها، نوترینوها و پاد ذره‌های آن‌ها) بسیار چشمگیر بود. در پایان این دوره الکترون‌ها با برخورد به پوزیترون‌ها (پاد الکترون‌ها) نابود شدند.

دوران ترکیب هسته ای

با سرد شدن کیهان نوترون‌ها به تدریج به پروتون‌ها تبدیل شدند. اما وقتی که به ازای هر هفت پروتون حدودا یک نوترون وجود داشت، بیشتر نوترون‌های باقی مانده با پروتون‌ها ترکیب شدند و هسته‌های هلیوم با دو پروتون و دو نوترون را تشکیل دادند.

اولین هسته‌ها

۱۰۰ ثانیه بعد از انفجار بزرگ برخوردهای بین پروتون‌ها و نوترون‌ها منجر به آغاز شکل گیری هسته‌های هلیوم۴ شد (حاوی دو پروتون و دو نوترون). در این فرآیندها مقادیر کمی از هسته‌های اتمی دیگر از قبیل هلیوم ۳ (دو پروتون و یک نوترون) لیتیوم (۳ پروتون و ۴ نوترون) و دوتریوم (یک پروتون و یک نوترون) هم شکل گرفتند.

این واکنش‌ها که ترکیب هسته‌ای انفجار بزرگ نامیده شده‌اند در عرض ۲ یا ۳ دقیقه پایان یافتند.
تا آن زمان هستهٔ ۹۸٪ اتم‌های هلیوم امروزی شکل گرفته بود. این واکنش‌ها همچنین همهٔ نوترون‌های آزاد را از میان برداشت.

کیهان غیر شفاف

برای مدت صدها هزار سال جهان در حالی به انبساط و سرد شدن ادامه می‌داد که هنوز بسیار پر انرژی‌تر از آن بود که اتم‌ها شکل بگیرند. اگر الکترون‌ها به طور لحظه‌ای با پروتون‌ها یا هسته‌ی هلیوم برخورد داشتند به سرعت به وسیله‌ی فوتون‌ها از آن‌ها جدا می‌شدند. این فوتون‌ها خودشان در یک فرآیند برخورد پی در پی با الکترون‌های آزاد به دام افتاده بودند.
این پراکندگی فوتون‌ها به وسیلهٔ الکترون‌ها بدین معنا بود که فوتون‌ها به سختی می‌توانستند فاصله‌ای را در یک مسیر مستقیم بپیمایند. اگر ناظری می‌توانست کیهان را در آن زمان ببیند آن را شبیه یک مه غلیظ می‌دید.

دوران غیر شفاف

در طول این دورهٔ نسبتا بلند مدت، اقیانوس ذرات ماده (عمدتا متشکل از الکترون‌ها، پروتون‌ها و هستهٔ هلیوم) در حال اندرکنش پی در پی با فوتون‌ها (انرژی تابشی)، جهان را کدر و غیر شفاف ساخته بود.

تعادل عناصر

در پایان دوران غیر شفاف تعداد بسیار بیشتری از پروتون‌های آزاد نسبت به هسته‌های هلیوم یا دیگر هسته‌های اتمی وجود داشت.
صحنه به گونه‌ای مرتب شده بود که اولین اتم‌ها شکل بگیرند. با شکل گیری اتم‌ها به ازای هر اتم هلیوم نه اتم هیدروژن شکل گرفته بود. تعداد کمی هم از اتم‌های لیتیوم و دوتریوم (هیدروژن سنگین) شکل گرفته بودند.

دوران ماده

در آغاز دوران کنونی ما، فوتون‌ها آزاد بودند تا در گسترهٔ کیهان مسافرت کنند . بیشتر الکترون‌ها به اتم‌ها مقید شده

بودند تا اینکه اولین ستاره‌ها شکل گرفتند و ماده را دوباره داغ کردند.

اولین اتم‌ها

در حدود ۳۰۰ هزار سال بعد از انفجار بزرگ و هنگامی که دما به حدود ۲۷۰۰ درجه‌ی سانتی گراد سقوط کرده بود پروتون‌ها و هسته‌های اتمی شروع به اسیر کردن الکترون‌ها کرده و اولین اتم‌ها را به وجود آوردند. اکنون الکترون‌ها در اتم‌ها گرفتار شده بودند و بنابراین دیگر نمی توانستند فوتون‌ها را پراکنده کنند. از این رو ماده و تابش از هم جدا شدند و فوتون‌ها آزاد بودند تا به صورت تابش در گستره‌ی کیهان مسافرت کنند.

جهان شفاف شده بود. این اولین فوتون‌های آزاد هنوز هم به صورت تابش ریزموج پس زمینه‌ی کیهانی (CMBR) قابل شناسایی هستند.

شواهدی برای انفجار بزرگ

بهترین شاهد برای وقوع انفجار بزرگ تابشی به نام تابش ریزموج پس زمینهٔ کیهانی (CMBR) است که بر جای مانده است. جرج گاموف وجود این تابش را در سال ۱۹۴۸ پیش بینی کرد. شناسایی این تابش در دههٔ ۱۹۶۰ ، برای بیشتر کیهان شناسان تأییدی بر نظریه‌ی انفجار بزرگ بود. مشاهدات دیگر هم از این نظریه پشتیبانی می کنند.

انبساط

اگر جهان در حال انبساط و سردشدن است پس باید روزگاری بسیار کوچکتر و داغ‌تر بوده باشد.

تعادل عناصر

نظریهٔ انفجار بزرگ به طور دقیق نسبت عناصر سبکی (هیدروژن، هلیوم و لیتیوم) که در کیهان امروزی دیده می‌شوند را پیش بینی می کند.

نسبیت عام

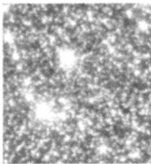
نظریهٔ اینشتین پیش بینی می کند که کیهان یا باید در حال انبساط باشد و یا انقباض و نمی تواند در اندازهٔ یکسانی باقی بماند.



تابش پس زمینه

طیف تابش ریزموج پس زمینه که توسط آرنو پنزیاس و رابرت ویلیون کشف شد یک جهان اولیه‌ی داغ و یکنواخت را نشان می‌دهد.

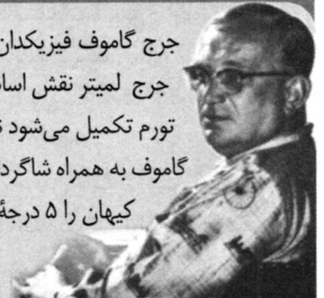
آسمان تاریک شب



اگر کیهان بی نهایت بزرگ و پیر بود، زمین از تمام بخش‌های آسمان شب نور دریافت می‌کرد و بنابراین آسمان شب نورانی بود (بسیار درخشان‌تر از چگال‌ترین میدان‌های ستاره‌ای (چپ)). این واقعیت که آسمان به این شکل نیست پارادوکس آلبر نامیده می‌شود.

انفجار بزرگ این پارادوکس را با طرح این موضوع که جهان همیشه وجود نداشته حل می کند.

جرج گاموف



جرج گاموف فیزیکدان اوکراینی – آمریکایی (۱۹۶۸-۱۹۰۴) تحت تأثیر مفهوم اولیه انفجار بزرگ جرج لمیتر نقش اساسی در گسترش نظریهٔ انفجار بزرگ داغ بازی کرد. این نظریه که توسط نظریهٔ تورم تکمیل می‌شود نظریهٔ اصلی مطرح امروز است.

گاموف به همراه شاگردانش آلفرو هرمن به تحقیق بر روی جزئیات نظریه پرداخت. آن‌ها دمای کنونی کیهان را ۵ درجهٔ کلوین بالای صفر مطلق برآورد کردند.

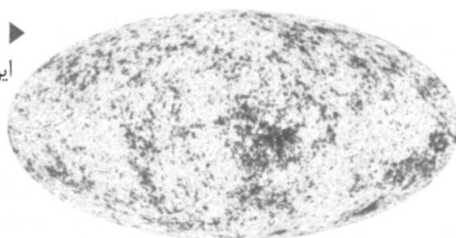


آن سوی تاریکی

دوره‌ای که از تولد اتم‌ها در ۳۰۰ هزار سال پس از انفجار بزرگ شروع می‌شود و تا روشن شدن اولین ستارگان در صدها میلیون سال بعد از آن ادامه می‌یابد به عنوان دوران تاریک کیهان شناخته می‌شود. آن چه که در این دوران اتفاق افتاده و تجدد کیهانی متعاقب که در آن نور ستارگان کیهان را پر می‌کند یک معمای حل نشده است.
ستاره شناسان با تحلیل تابش باستانی حاصل از انفجار بزرگ و نگاه دقیق به لبه‌های کیهان در حال حل این معما هستند.

پیامدهای انفجار بزرگ

در سن ۳۵۰۰۰۰ سالگی ، کیهان پر از فوتون‌های تابشی منتشر شده در تمام جهات و اتم‌های هیدروژن و هلیوم، نوترینوها و دیگر مواد تاریک بود.
گرچه کیهان هنوز با دمای ۲۵۰۰ درجهٔ سانتی گراد داغ و پر از تابش بود، اما ستاره شناسان هرچه در آن لحظات دقیق می‌شوند نوری را نمی بینند.
علت آنجاست که با انبساط کیهان طول موج‌های تابش با ضریب ۱۰۰۰ کشیده شده‌اند.
این فوتون‌ها نه به صورت نور مرئی بلکه به صورت فوتون‌های کم انرژی تابش ریزموج پس زمینه‌ی کیهانی به زمین می‌رسند.
این فوتون‌ها که زمانی مشخصهٔ توپ آتشین کیهان بودند اکنون نشان دهندهٔ کیهانی سرد با دمای ۲۷۰- درجهٔ سانتی گراد (یعنی تنها سه درجه بالاتر از صفر مطلق) هستند.

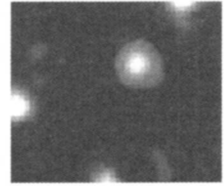


◀ جهان کودک
این تصویرWMAP یک تصویر از تمام آسمان و نشان دهندهٔ نوسانات جزئی در دمای تابش ریز موج پس زمینهٔ کیهانی است که به بی‌نظمی‌های اولیه در چگالی ماده مربوط می‌شود. در واقع این تصویر نمایی از جهان کودک است.

کهکشان‌های اولیه

ستاره شناسان هنوز در تلاشند تا به طور دقیق مشخص کنند که در چه هنگامی ستارگان اولیه برافروخته شدند و در چه نوعی از ساختارهای کهکشانی اولیه ممکن است این امر اتفاق افتاده باشد. مطالعات فروسرخ اخیر با ابزارهایی چون تلسکوپ فضایی اسپیتزر و تلسکوپ‌های بسیار بزرگ آنچه را به نظر می‌رسند کهکشان‌های بسیار ضعیف با قرمزگرایی‌های بسیار بسیار بالا باشند آشکار کرده‌اند. این اجرام تنها پس از ۵۰۰ میلیون سال بعد از انفجار بزرگ وجود داشته‌اند.

وجود آن‌ها مشخص می‌کند که گره‌ها و خوشه‌های اولیه‌ی ماده‌ی در حال چگالش ممکن است تنها پس از ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلیون سال بعد از انفجار بزرگ وجود داشته‌اند. احتمالا درون همین ساختارها بوده که ستارگان اولیه شکل گرفته‌اند.



کهکشان اولیه در نور فروسرخ
درخشش صورتی در این تصویر یک هستهٔ فعال کهکشانی است و به صورتی که تنها ۷۰۰ میلیون سال بعد از انفجار بزرگ بوده است دیده می‌شود.

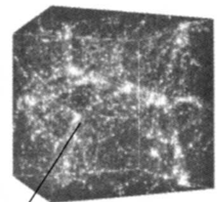
دوران تاریک

زمین هیچ گاه نوری مرئی را از دوره قبل از روشن شدن اولین ستارگان در چند صد میلیون سال پس از انفجار بزرگ دریافت نخواهد کرد.

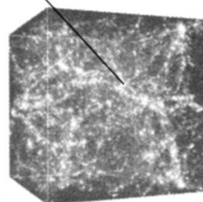
اما کیهان شناسان می‌توانند با استفاده از داده‌های دیگر از قبیل داده‌های تابش ریز موج پس زمینهٔ کیهانی آنچه را که در طی آن دوران اتفاق افتاده است بازسازی کنند.

تابش پس زمینهٔ ریز موج کیهانی نوسانات جزئی را در چگالی ماده در زمانی که اولین اتم‌ها شکل گرفتند نشان می‌دهد. کیهان شناسان فکر می‌کنند که گرانش با عمل بر روی این محل‌های موج دار موجب شد تا ماده شروع به تشکیل خوشه‌ها و رشته‌ها کند. این بی نظمی‌ها در ابر اولیه ماده احتمالا چارچوب اجرام بزرگ مقیاس امروزی از قبیل ابر خوشه‌های کهکشانی را به وجود آورده است.

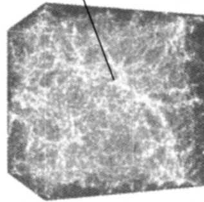
تشکیل چنین ساختارهایی در طی میلیاردها سال به وسیله‌ی رایانه‌ها شبیه سازی شده است. این شبیه سازی‌ها به فرضیات مربوط به چگالی و ویژگی‌های ماده و ماده تاریک در جهان اولیه و همچنین اثر انرژی تاریک (نیروی مخالف گرانش) بستگی دارد. برخی از این شبیه سازی‌ها به توزیع ماده‌ای که در جهان امروزی دیده می‌شود، شباهت زیادی دارند.



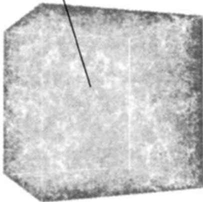
سن: ۱۳/۷ میلیارد سال ▲
اکنون توزیع ماده در شبیه سازی به ساختار ابر خوشهٔ کهکشانی که در جهان اطراف (در محدودهٔ چند میلیارد سال نوری) دیده می‌شود شباهت دارد.



سن : ۵ میلیارد سال ▲
در چهار میلیارد سال بعد از مرحلهٔ قبل، (دوباره با رعایت تناسب) ماده به صورت ساختارهای رشته‌ای پیچیده‌ای درآمده که به وسیلهٔ حباب‌های بزرگ یا حفره‌هایی از فضای خالی پراکنده شده‌اند.



سن: ۱/۳ میلیارد سال ▲
یک میلیارد سال بعد رشته‌ها و خوشه‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای شکل گرفته‌اند. برای جبران انبساط کیهانی از زمان مرحلهٔ قبل، مکعب به نسبت این اندازه کوچک شده است.



کیهان در سن ۵۰۰۰۰۰ سالگی ▲
این شبیه سازی رایانه‌ای از شکل گیری ساختارها در کیهان با ماده‌ای شروع می‌کند که به طور تقریبا یکنواخت در مکعبی به ضلع ۱۴۰ میلیون سال نوری توزیع شده است.

اولین ستارگان

اولین ستارگان که ممکن است تنها ۲۰۰ میلیون سال بعد از انفجار بزرگ شکل گرفته باشند، تقریبا به کلی از هیدروژن و هلیوم ساخته شده بودند. زیرا در واقع عنصر دیگری هم موجود نبود.

فیزیکدانان بر این باورند که سحابی‌های ستاره‌ساز که فاقد عناصر سنگین بودند نسبت به سحابی‌های امروزی به صورت توده‌های بزرگتری متراکم شدند.

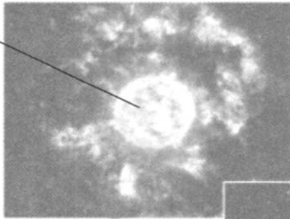
ستارگانی که از چنین توده‌هایی شکل می‌گرفتند بسیار بزرگ و داغ بوده‌اند و شاید ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر جرم خورشید را داشته‌اند. بسیاری از آن‌ها قبل از مردن به شکل یک ابرنواختر تنها برای جند میلیون سال دوام داشته‌اند.

نور فرابنفش حاصل از این ستارگان احتمالا اهمیت اساسی در تحول کیهان داشته است. یعنی باز یونیزاسیون هیدروژن کیهان و بازگرداندن هیدروژن از یک گاز خنثی به صورت یونیزه‌ای (با بارالکتریکی) که امروز دیده می‌شود. متناوبا تابش اختروش‌ها هم ممکن است کیهان را بازیونیزه کرده باشد.

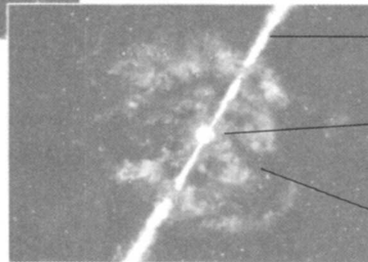
مرگ ابرستاره‌ها ◄

ستارگان بسیار پرجرم اولیه ممکن است به صورت فوق نواختر منفجر شده باشند. یعنی وقایعی که امروزه با شکل‌گیری سیاهچاله و انفجارهای خشن پرتو گاما مرتبط است.

این اثرهای خیالی یک هنرمند مدلی از شکل‌گیری یک فوق نواختر را نشان می‌دهند.



ستاره فوق سنگین با جرمی ۲۰۰ برابر جرم خورشید



جت پرتو گاما

هسته به شکل سیاهچاله‌ای می‌رمبد.

ستاره لایه‌های بیرونی ماده را به بیرون پرتاب می‌کند.

◄ قدرت یونیزاسیون ستارگان

این ستارگان بسیار پرجرم در سحابی جبار گاز اطراف خود را یونیزه کرده و موجب درخشش گاز می‌شوند.

هیدروژن یونیزه در بین خوشه‌های کهکشانی امروز ممکن است به وسیله تابش بسیار خشن اولین نسل ستارگان و فوق نواخترها ایجاد شده باشد.

غنی سازی شیمیایی کیهانی

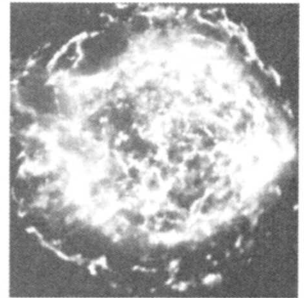
اولین ستارگان سنگین، در طی دوره حیات و مرگشان عناصر شیمیایی جدیدی را ایجاد و در فضا و دیگر توده‌های پیش کهکشانی در حال رمبش پراکنده کرده‌اند.

مجموعه‌ای از عناصر جدید از قبیل کربن، اکسیژن، سیلیکون و آهن در همجوشی هسته‌ای در هسته‌های داغ این ستارگان شکل گرفته بودند. عناصر سنگین‌تر از آهن از قبیل باریم و سرب در طی مراحل مرگ خشن این ستارگان شکل گرفتند.

دومین و سومین نسل ستارگان که کوچکتر از ابرستاره‌های اولیه بودند بعدها از غنی‌تر شدن محیط بین ستاره‌ای شکل گرفتند.

این ستارگان بیشتر عناصر سنگین‌تر را خلق کرده و از طریق بادهای ستاره‌ای و انفجارهای ابرنواختری آن‌ها را به محیط بین ستاره‌ای برگرداندند. ادغام‌های کهکشانی و جداشدن گاز از کهکشان‌ها منجر به ترکیب و پراکندگی بین کهکشانی بیشتر شد. این فرآیندهای بازیافت و غنی سازی در کیهان تا به امروز ادامه یافته است.

در کهکشان راه شیری عناصر سنگین‌تر جدیدی برای شکل گیری اجسامی چون سیاره‌های سنگی و موجودات زنده مورد نیاز بوده‌اند.



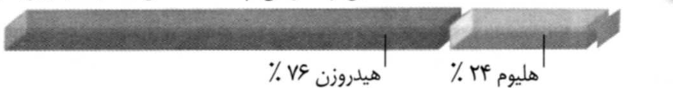
◀ غبار ستاره ای

بقایای ابرنواختر ذات الکرسی آ، کره‌ای از مواد غنی شده است که در فضا انبساط یافته است. عناصر سنگین‌تر از آهن بیشتر به وسیلهٔ ابرنواخترها ساخته و پراکنده می‌شوند.

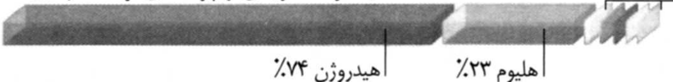
ترکیبات کیهان ▼

جهان اولیه متشکل از هیدروژن، هلیوم و مقدار ناچیزی لیتیوم بود. امروزه هنوز جهان از هیدروژن و هلیوم ساخته شده است. اما فرآیندهای ستاره‌ای، مشارکت عناصر شیمیایی دیگر را تا ببش از ۲٪ بالا برده‌اند.

قبل از ستارگان (۳۰۰۰۰۰ سال بعد از انفجار بزرگ)



بعد از تعداد زیادی از چرخه‌های تولد ستاره ای





حیات در کیهان

تنها حیات شناخته شده در کیهان در روی زمین وجود دارد. با این همه گسترهٔ حیات بر روی زمین آن قدر وسیع و کیهان هم آن قدر بزرگ است که بسیاری از دانشمندان اعتقاد دارند که به احتمال زیاد حیات در جاهای دیگر کیهان هم وجود دارد. این مساله تا حد زیادی به این موضوع بستگی دارد که آیا شکل گیری حیات بر روی زمین یک پدیده واقعا تصادفی یعنی حاصل یک سری وقایع بی نهایت غیرمحتمل بوده و یا بنا بر اعتقاد خیلی‌ها آنقدر هم غیرمنتظره نبوده و در نتیجه شرایط اولیه مفروض در روی این سیاره به وجود آمده است.

خاستگاه‌های حیات

بیشتر دانشمندان بر روی این مساله توافق دارند که شروع حیات بر روی زمین با تجمع مولکول‌های آلی (حاوی کرین) در یک سوپ اولیه در اقیانوس‌های زمین مرتبط بوده است. این اتفاق بعد از مدت نه چندان طولانی پس از شکل گیری اقیانوس‌ها افتاده است. این مولکول‌ها حاصل واکنش عناصر شیمیایی در جو زمین و به دلیل تحریک انرژی احتمالا حاصل از صاعقه‌ها بوده‌اند.

درون این سوپ به مدت بیش از میلیون‌ها سال، ترکیبات آلی با یکدیگر واکنش داده تا مولکول‌های بزرگتر و پیچیده تری را بسازند تا اینکه مولکولی با توانایی تولید مثل به وجود آید. این مولکول (یک ژن اولیه) بنا به طبیعت خود، گسترش یافته و تعداد نوع آن زیاد و زیادتر شد. از طریق جهش و مکانیسم انتخاب طبیعی انواع مختلف این ژن به صورت سازواره‌هایی حیاتی پیچیده تری گسترش یافته و در نهایت به صورت یک باکتری سلولی تکامل یافتند. به این گونه پیشرو همهٔ حیات‌های دیگر بر روی زمین به وجود آمد. بسیاری از زیست شناسان تحول گرا می‌گویند که آنچه قطعی است، پیدایش تولید مثل کننده‌هاست و بعد از آن به طور اجتناب ناپذیری موجودات زنده به دنبال می‌آیند.



◀ استروماتولیت‌ها

برخی از ابتدایی‌ترین انواع حیات، استروماتولیت‌های فسیلی هستند. استروماتولیت‌ها عبارتند از صخره‌های معدنی که در میلیاردها سال قبل به وسیلهٔ سیانوباکتری‌ها (جلبک‌های سبزآبی) در دریاهای کم عمق ساخته شده‌اند. استروماتولیت‌ها هنوز هم در سواحل استرالیا رشد می‌کنند.



شکل گیری حیات زیر صفر ◀

این گونهٔ حیات که هنوز دسته بندی نشده است در حال زندگی در اعماق لایه‌های یخ قطب جنوب کشف شده است. حیات در شرایط بسیار گسترده تری نسبت به آنچه زمانی تصور می‌شد، می‌تواند وجود داشته باشد.

شناسایی حیات

اگر بشر با تمدنی فرازمینی روبرو شود خیلی هم معلوم نیست که فورا بتواند آن را بشناسد. هرکسی نمی تواند در این شکوفه جلبکی که در آتلانتیک شمالی رشد می‌کند حیات را تشخیص دهد.

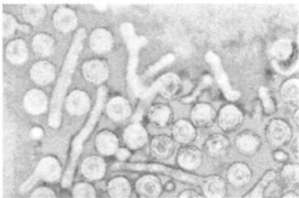
موجودات زنده ▲

یک موجود زنده دقیقا از چه ساخته شده است؟! نظرات انسان در این زمینه بیشتر به مطالعه حیات بر روی زمین مربوط می‌شود. زیرا دانشمندان تجربه‌ای در مورد گستردگی پتانسیل حیات در ماورای آن ندارند. با این حال زیست شناسان بر روی برخی از ویژگی‌های اساسی که موجود زنده را از غیرزنده در هر کجای کیهان متمایز می‌سازد، توافق دارند. مثلا یک شرط حداقلی و ساده این است که یک موجود زنده باید بتواند تولید مثل کند و در طول زمان تکامل یابد. مفهوم حیات بیشتر از این حد مورد توافق جهانی نیست. به عنوان نمونه مشخص نیست که آیا ویروس‌ها زنده هستند یا خیر؟!

گرچه ویروس‌ها تولید مثل می‌کنند اما فاقد برخی از ویژگی‌هایی هستند که بیشتر زیست شناسان برای زندگی اساسی می‌پندارند. جالب توجه است که آن‌ها به صورت سلولی وجود ندارند و دارای ماشین بیوشیمی متعلق به خود هم نیستند.

همچنین مشخص نیست که دیگر ویژگی‌های معمول حیات بر روی زمین از قبیل شیمی کربنی و یا استفاده از آب مایع، لزوما در حیات فرازمینی هم وجود داشته باشد.

عدم توافق‌های این چنینی بر روی چنین مسائلی بر پیچیدگی مباحث مربوط به همانندی حیات فرازمینی افزوده است.



ذرات ویروس ▲

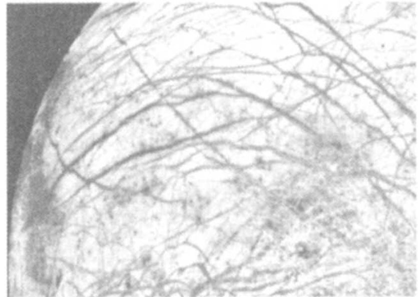
ویروس‌هایی چون این ویروس هپاتیت در خط مرزی بین حیات و عدم حیات قرار دارند. این‌ها تولید مثل می‌کنند اما این کار را تنها با دزدی ماشین متابولیک سلول‌های گیاهی، جانوری و یا باکتری‌ها انجام می‌دهند.

حیات چقدر نادر است؟!

تا حدود ۳۰ سال پیش گمان می‌رفت شرایطی چون دما و رطوبت که برای حیات، ضرورتی اساسی فرض می‌شوند دارای محدودهٔ بسیار کوچکی باشند. از آن هنگام تاکنون دانشمندان اکستراموفیل‌هایی (موجوداتی که در شرایط بسیار سخت فعالیت می‌کنند) کشف کرده‌اند که در محیط‌های ناسازگاری بر روی زمین زندگی می‌کنند.

موجودات زنده ممکن است در اعماق لایه‌های یخ و یا در آب‌های جوش اطراف منفذهای کف دریا زندگی کنند. برخی از آن‌ها در جوامعی زندگی می‌کنند که از نور خورشید به دورند و با انرژی حاصل از منابع شیمیایی زندگی می‌کنند. حتی باکتری‌هایی در حال زندگی در اعماق سه کیلومتری زیر پوستهٔ زمین یافت شده‌اند که با تبدیل هیدروژن به آب زندگی می‌کنند. اکستراموفیل‌ها این ایده را که حیات می‌تواند در محدودهٔ وسیعی از شرایط وجود داشته باشد تقویت کرده‌اند. برخی از دانشمندان هنوز امید دارند که حیات فرازمینی درمنظومهٔ شمسی پیدا شود. گرچه کاوش محتمل ترین مکان‌ها یعنی مریخ تا کنون نتیجهٔ منفی در پی داشته است. اما بسیاری از دانشمندان فکر می‌کنند که حیات باید در ماورا منظومه شمسی هم گسترده شده باشد. دانشمندان بسیار علاقه مندند بدانند که آیا در این فواصل دوردست حیات هوشمند و قادر به برقراری ارتباط وجود دارد؟!

در دهه ی۱۹۶۰ ستاره شناس آمریکایی به نام فرانک دریک (متولد ۱۹۳۰) معادله‌ای را ابداع کرد تا تعداد تمدن‌های موجود در راه شیری که قادر به برقراری ارتباط بین ستاره‌ای هستند را پیش بینی کند. از آن جایی که تنها تعداد کمی از عوامل موجود در این معادله را می‌توان به طور دقیق تخمین زد کاربرد این معادله می‌تواند هر جوابی از کمتر از یک گرفته تا بیش از میلیون را، بسته به مقادیر تخمینی داشته باشد. با این حال غیرمنطقی نخواهد بود که بگوییم حداقل تعداد کمی از چنین تمدن‌هایی در راه شیری وجود دارند.



◀ حیات در اروپا

سطح قمر اروپا (از اقمار مشتری) از یخ پوشیده شده است. ممکن است یک اقیانوس مایع که احتمالا دارای آب و با احتمالی دارای حیات باشد در زیر این لایه یخ وجود داشته باشد.

ناسا تصمیم دارد تا در سال ۲۰۱۲ یک کاوشگر را برای بررسی اروپا و دو قمر دیگر مشتری به فضا بفرستد.

کاوش فضا

بازآفرینی زمین اولیه

در سال ۱۹۵۳ شیمیدان امریکایی به نام استنلی میلر (متولد ۱۹۳۰) آنچه را که گمان می‌کرد جو اولیه زمین باشد در یک محفظه ایجاد کرد. او جرقه‌هایی شبیه صاعقه به درون مخلوط گاز فاقد اکسیژن فرستاد. نتیجهٔ این عمل تعداد زیادی از اسیدهای آمینه مختلف بود که از سنگ بناهای اساسی حیات به شمار می‌روند.



استنلی میلر

در اینجا استنلی میلر آزمایشی را که اولین بار به عنوان یک دانشجوی تحصیلات تکمیلی انجام داد تکرار می‌کند. این آزمایش نشان داد که اسیدهای آمینه می‌توانسته‌اند در جو اولیه بدون اکسیژن زمین شکل بگیرند.

تمدن فرازمینی

استفاده از معادلهٔ دریک مستلزم تخمین عواملی چون کسر ستارگان دارای سیاره و آن گاه ضرب همهٔ این عوامل در یکدیگر است. در مثال پایین تنها از تخمین‌های نسبتا خوشبینانه استفاده شده است و برخی از این تخمین‌ها هم حدس‌هایی بیش نیستند.

آهنگ تولد ستاره

یک تخمین نسبتا خوب ۵۰ ستاره جدید در هر سال در راه شیری است.

۵۰٪ ستاره‌های جدید دارای سیاره هستند.

ستاره‌های دارای سیاره

احتمالا ۵۰ درصد این ستارگان سیستم‌های سیاره‌ای را در اطراف خود تشکیل می‌دهند.

۰/۴ سیارات قابل سکونت خواهند بود.

سیارات قابل سکونت

به طور متوسط شاید تنها ۰/۴ سیارات در هر سیستم قابل سکونت باشند.

در ۹۰٪ سیارات قابل سکونت حیات شکل می‌گیرد.

سیارات دارای حیات

ممکن است حیات در ۹۰٪ سیارات قابل سکونت شکل بگیرد.

10% ۹۰٪سیارات دارای حیات تنها انواع ساده‌ای از حیات را در خود دارند.

حیات هوشمند

احتمالا در حدود ۱۰ ٪ نمونه‌های حیات دارای هوشمندی هستند.

10% ۹۰٪ حیات هوشمند هرگز با ستارگان دیگر ارتباط برقرار نمی کنند.

حیات تعامل گرا

احتمالا در حدود ۱۰٪ از چنین حیاتی ارتباطات بین ستاره‌ای برقرار می‌کنند.

برخی از تمدن‌ها قبل از برقراری حیات می‌میرند.

طول حیات تمدن

این تمدن‌ها به طور متوسط ممکن است ۱۰۰۰۰ سال دوام داشته باشند.

امروزه ۹۰۰ تمدن در حال حیات وجود دارند.

نتیجه گیری

با استفاده از تخمین‌های بالا می‌توان انتظار داشت که در حدود

۵۰ × ۰/۵× ۰/۴× ۰/۹× ۰/۱× ۰/۱×۱۰۰۰۰= ۹۰۰

تمدن در حال حیات در کهکشان ما وجود داشته باشد که به طور نظری قادر به برقراری ارتباط با آن‌ها هستیم.

با این حال برخی از تخمین‌ها ممکن است تا حد زیادی غلط باشند.

در جست و جوی حیات

تلاش برای شناسایی گونه‌های حیات فرازمینی از روش‌های خاصی دنبال می‌شود. دانشمندان، درون منظومهٔ شمسی تصاویر سیارات و قمرها را برای نشانه‌هایی از حیات تحلیل می‌کنند و کاوشگرهایی را به مکان‌های محتملی چون مریخ و تیتان (قمر زحل) می‌فرستند.

در بیرون منظومهٔ شمسی کانون اصلی این جست و جو ستی (SETI) (جست و جوی حیات هوشمند فرازمینی) است. ستی مجموعه‌ای از برنامه‌هایی است که شامل پویش آسمان برای سیگنال‌های رادیویی مشابه به آنچه تصور می‌شود فرازمینی‌ها می‌فرستند، می‌باشد.

همچنین جست و جویی برای سیارات مشابه زمین در ستاره‌های همسایه آغاز شده است.

دست آخر اینکه CETI (ارتباط با هوش فرازمینی) مستلزم اعلام حضور بشر به وسیله فرستادن سیگنال‌هایی به سمت ستاره‌های مقصد است.

در سال ۱۹۷۴ یک پیام ستی (CETI) به صورت کد دوتایی به سمت خوشهٔ ستاره‌ای M13 در فاصلهٔ ۲۱۰۰۰ سال نوری از زمین فرستاده شد.

درسال ۱۹۹۹ پیام دقیق تر (رویارویی۲۰۰۱) از یک رادیوتلسکوپ اوکراینی به سمت تعدادی از ستارگان خورشیدگونهٔ همسایه فرستاده شد.

حتی اگر فرازمینی‌ها این پیام را دریافت کنند حداقل تا یک قرن آینده نباید انتظار پاسخی از سوی آن‌ها را داشته باشیم.



بشقاب آرسیبو ▲

تلسکوپ آرسیبو در پورتوریکو، بزرگترین رادیوتلسکوپ تک‌بشقابی دنیاست. این تلسکوپ به طور گسترده‌ای در تلاش‌های SETI و یک بار هم برای پروژهٔ CETI مورد استفاده قرار گرفته است.



پیامی به فرازمینی‌ها ▲

پیام تلسکوپ آرسیبو حاوی نمادهایی از یک بدن انسان، DNA، منظومهٔ شمسی و خود بشقاب آرسیبو است.



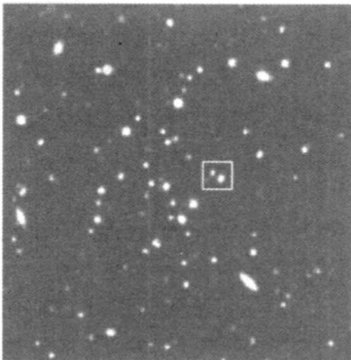
سرنوشت کیهان

گرچه این امکان وجود دارد که کیهان برای همیشه ادامه یابد. اما تقریبا به طور حتم انواع ساختارهایی که امروزه در آن وجود دارند، از قبیل سیارات، ستارگان و کهکشان‌ها برای همیشه دوام نخواهند داشت.
در آینده‌ای بسیار دور کهکشان ما و دیگر کهکشان‌ها یا تکه پاره شده و گرفتار مرگی مزمن ، طولانی و سرد خواهند شد و یا در فرآیندی برعکس انفجار بزرگ فشرده شده و خواهند رمبید.
اینکه کدام یک از این سرنوشت‌ها در مورد کیهان اتفاق می‌افتد تا حد قابل ملاحظه‌ای به طبیعت انرژی تاریک بستگی دارد. این انرژی یک نیروی مرموز و خلاف گرانش است که اخیرا معلوم شده نقشی مهم در رفتار بزرگ مقیاس عالم بازی می‌کند.

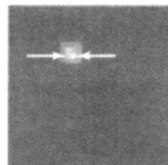
انرژی تاریک

یافته‌های جدید حاصل مطالعات ابرنواخترها در کهکشان‌های دوردست هستند. از تابندگی ظاهری این ستاره‌های در حال انفجار می‌توان برای محاسبهٔ فاصلهٔ آن‌ها استفاده کرد و با مقایسه‌ی فواصل آن‌ها با قرمزگرایی‌های کهکشان‌های خانگی آن‌ها، دانشمندان می‌توانند سرعت انبساط کیهان را در زمان‌های مختلف در طول تاریخ آن محاسبه کنند.
این محاسبات نشان دادند که انبساط کیهان در حال شتاب گرفتن است و اینکه گونه‌ای نیروی رانشی دارد با گرانش مخالفت می‌کند و موجب می‌شود تا مواد دورتر شوند.
این نیرو انرژی تاریک نامگذاری شده است و طبیعت دقیق آن هنوز نامشخص است.
گرچه این نیرو مشابه ثابت کیهان شناختی به نظر می‌رسد که نیرویی مخالف گرانش است و توسط آلبرت اینشتین به عنوان بخشی از نظریه نسبیت عام او پیشنهاد شد.
وجود انرژی تاریک همچنین پاسخگوی جرم- انرژی گمشده‌ای در کیهان است که برای تخت ساختن آن مورد نیاز است و تعداد سرنوشت‌های محتمل برای کیهان را اصلاح می‌کند.

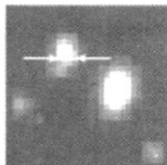
کلیدهای ابرنواختر ◄
ابرنواخترهای نوع Ia مثل نمونه‌ای که در اینجا نمایش داده شده همگی تابندگی‌های طبیعی یکسانی دارند. از این رو تابندگی ظاهری آن‌ها فاصلهٔ آن‌ها را مشخص می‌کند.



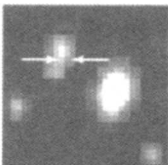
کشف ابرنواختر



تفاوت



بعد از ابرنواختر



یک هفته قبل از کشف ابرنواختر

رمبش بزرگ و سرمای بزرگ

تا همین اواخر کیهان شناسان تصور می‌کردند که آهنگ انبساط کیهان به خاطر اثرات ترمزی گرانش باید در حال کند شدن باشد.

همچنین آن‌ها باور داشتند که تنها یک عامل یعنی چگالی جرم- انرژی کیهان تصمیم می‌گیرد که کدام یک از این دو سرنوشت اساسی در انتظار کیهان باشد.

کیهان شناسان چگالی جرم و انرژی را با هم اندازه می‌گیرند. زیرا اینشتین نشان داد که جرم و انرژی هم ارز و قابل تبدیل به یکدیگرند.

بنابر محاسبات آن‌ها اگر این چگالی بالاتر از یک حد بحرانی باشد گرانش در نهایت موجب خواهد شد که کیهان انبساط خود را متوقف کرده و در یک انفجار درونی ویرانگر همه چیز (یک رمبش بزرگ) می‌رمبد.

با این حال اگر چگالی کیهان کمتر و یا دقیقا برابر حد بحرانی باشد کیهان برای همیشه به انبساط ادامه خواهد داد. اگرچه آهنگ انبساط آن به تدریج به وسیلهٔ گرانش کند خواهد شد. در این مورد کیهان در یک مرگ سرد مزمن پایان خواهد یافت (یک سرمای بزرگ).

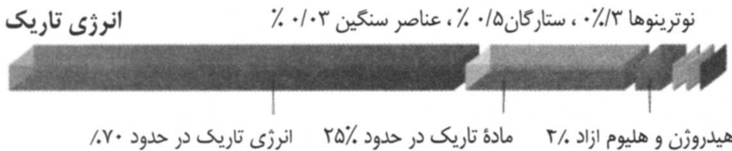
تحقیقاتی که به منظور حل این موضوع انجام شده‌اند معلوم ساختند کیهان ویژگی‌هایی دارد که باعث می‌شود بسیار بسیار نزدیک به حالت تخت باشد و چگالی آن دقیقا برابر حد بحرانی است.

گرچه تعیین موقعیت برخی از جرم انرژی‌هایی که برای شکل دادن کیهان به صورت تخت مورد نیاز است سخت به نظر می‌رسد اما چگالی کیهان باید نزدیک حد بحرانی باشد و بنابراین محتمل‌ترین سرنوشت انبساط همیشگی است.

با این همه در اواخر دهه‌ی ۱۹۹۰ یافته‌های جدیدی مشخص ساختند انبساط کیهان اصلا در حال کند شدن نیست و از این رو مدل‌های سرنوشت کیهان را دچار آشفتگی ساختند.

غلبهٔ انرژی تاریک ▼

انرژی تاریک ۷۰٪ چگالی جرم - انرژی کیهان را تأمین می‌کند. ماده اتم بنیان (در ستارگان و محیط‌های بین ستاره ای) و نوترینوها تنها به اندازهٔ ۵ درصد مشارکت دارند.



سرمای بزرگ

اگر کیهان چگال جرم– انرژی نزدیک یا فقط کمتر از مقدار بحرانی داشته باشد و اثرات انرژی تاریک هم باید پایان یابد، ممکن است کیهان با آهنگی که به تدریج کاهش می‌یابد اما هرگز دچار ایست کامل نمی شود به انبساط ادامه دهد.
در پایان دوره‌ای بسیار بسیار طولانی از زمان، کیهان دچار مرگ سرد مزمن یا سرمای بزرگ خواهد شد.

سرمای بزرگ اصلاح شده

اگر اثرات انرژی تاریک همانند زمان حاضر ادامه یابد، چگالی کیهان هرچه که باشد خود کیهان با آهنگی فزاینده انبساط خواهد یافت. ساختارهایی که توسط گرانش مقید نشده‌اند، نهایتا در سرعت‌هایی سریع‌تر از سرعت نور به دوردست‌ها خواهند رفت (خود فضا می‌تواند با چنین سرعتی انبساط یابد، گرچه ماده و تابش نمی توانند).
این سناریو هم با مرگ سرد طولانی یا سرمای بزرگ پایان خواهد یافت.

شکافتگی بزرگ

اگر قدرت انرژی تاریک افزایش می‌یافت، می‌توانست بر همهٔ نیروهای بنیادین غلبه کرده و در نهایت کیهان را در یک شکافتگی بزرگ از هم بپاشاند.
این اتفاق می‌توانست در ۲۰ تا ۳۰ میلیارد سال بعد از زمان کنونی بیفتد. در ابتدا کهکشان‌ها تکه پاره می‌شدند و آنگاه سیستم‌های خورشیدی. چند ماه بعد ستارگان و سیارات منفجر شده و بعد از مدت کوتاهی به اتم‌های سازندهٔ شان تقسیم می‌شدند. در این هنگام زمان متوقف می‌شد.

فرو پاشی بزرگ

در این نظریه از سرنوشت نهایی، تمام ماده و انرژی در فرآیندی معکوس انفجار بزرگ به درون یک تکنیگی بی‌نهایت داغ و چگال رمبش می‌کند.
این سناریو در حال حاضر از همه ضعیف‌تر و غیر محتمل‌تر به نظر می‌رسد مگر آنکه اثر انرژی تاریک در آینده برعکس شود.
حتی اگر این اتفاق هم بیفتد نزدیکترین زمانی که این واقعه رخ خواهد داد ده‌ها میلیارد سال بعد از زمان حاضر خواهد بود.

چهار سرنوشت نهایی ▲

بسته به متوسط چگالی کیهان و رفتار آیندهٔ انرژی تاریک کیهان چند سرنوشت محتمل متفاوت دارد. چهار مورد از این سرنوشت‌های محتمل در اینجا به تصویر کشیده شده‌اند.

هندسهٔ فضا

کیهان شناسان نظریه‌های خود در مورد سرنوشت عالم را عمدتا بر اساس مدل‌های ریاضی بنیان می‌گذارند. این مدل‌ها نشان می‌دهند که بسته به چگالی جرم انرژی، کیهان دارای سه هندسهٔ احتمالی است. هریک از این هندسه‌ها که می‌توان آن‌ها را با یک شکل دوبعدی نشان داد دارای خمیدگی فضا – زمان متفاوتی هستند.

قبل از کشف انرژی تاریک، بین این هندسه‌ها و سرنوشت عالم مطابقت وجود داشت.

انتظار می‌رفت یک کیهان بسته (یا به صورت مثبتی خمیده) در یک رمبش بزرگ پایان یابد و یک کیهان باز یا به صورت منفی خمیده در یک سرمای بزرگ.

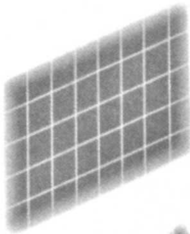
یک کیهان تخت هم در یک سرمای بزرگ پایان می‌یافت اما سرمای بزرگی که در آن کند شدن انبساط کیهان در نهایت به حد توقف واقعی می‌رسید. با کشف انرژی تاریک دیگر این مطابقت وجود نداشت.

اگر شدت انرژی تاریک ثابت باقی بماند، هر نوع کیهانی (چه باز، چه بسته و چه تخت) ممکن است تا ابد انبساط یابد.

اگر انرژی تاریک قابلیت وارونه شدن داشته باشد هم هر نوع کیهانی می‌تواند به صورت یک رمبش بزرگ پایان یابد.

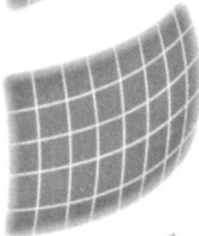
در حال حاضر پرطرفدارترین دیدگاه این است که کیهان تخت است و دستخوش یک انبساط در حال شتاب گرفتن شده است.

سناریوی شکافتگی عظیم که در آن انرژی تاریک فزاینده کیهان را تکه پاره می‌کند غیر محتمل‌ترین سناریو است.



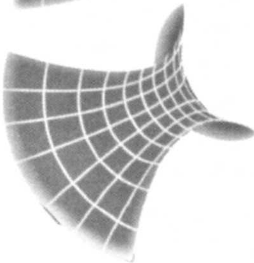
کیهان تخت ◄

اگر چگالی کیهان دقیقا برابر مقدار بحرانی باشد کیهان تخت است. در یک کیهان تخت خطوط موازی هرگز به یکدیگر نمی رسند. قیاس دوبعدی این حالت یک صفحهٔ تخت است. گمان می‌رود که کیهان ما تخت یا تقریبا تخت باشد.



کیهان بسته ◄

اگر کیهان چگال‌تر از حد بحرانی باشد به صورت مثبتی خمیده و یا بسته است و به لحاظ جرم و گستردگی محدود می‌باشد. در چنین کیهانی خطوط موازی همگرا می‌شوند. قیاس دوبعدی این کیهان یک سطح کروی است.



کیهان باز ◄

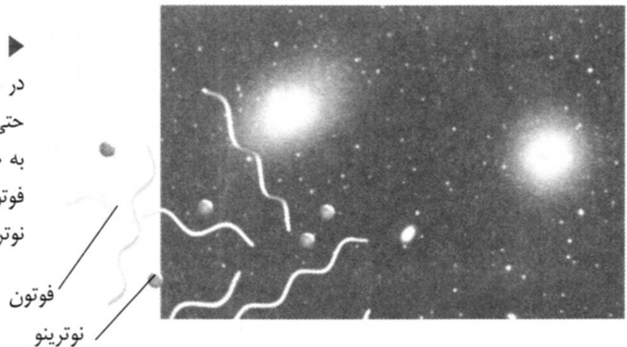
اگر کیهان کم چگال‌تر از حد بحرانی باشد به صورت منفی خمیده و یا باز و بی نهایت است. قیاس دوبعدی این چنین کیهانی یک سطح زینی شکل است که در آن خطوط موازی واگرا می‌شوند.

یک مرگ سرد

اگر کیهان در یک سرمای بزرگ به پایان برسد، مرگ آن مدت زیادی به طول خواهد انجامید.
در پایان یک تریلیون سال دیگر کهکشان‌ها گاز خود را در فرآیند ساختن ستاره‌های جدید به پایان خواهند رساند. در حدود ده تریلیون تریلیون سال آینده مادهٔ کیهان در لاشه‌های ستاره‌ای چون سیاهچاله‌ها و کوتوله‌های سفیدی که به دور سیاهچاله‌های ابرجرم دار واقع در مراکز کهکشان‌ها چرخیده و در آن‌ها سقوط می‌کنند محصور خواهد شد.
در ده به توان سی و دو سال بعد از زمان کنونی پروتون‌ها شروع به تجزیه به شکل تابش (فوتون‌ها)، الکترون‌ها، پوزیترون‌ها و نوترینوها خواهند کرد.
تمام موادی که در سیاهچاله‌ها نیستند از هم خواهند پاشید.
بعد از ده به توان شصت و هفت سال دیگر سیاهچاله‌ها با ساطع کردن ذرات و تابش شروع به تبخیر خواهند کرد و در حدود ده به توان صد سال دیگر حتی سیاهچاله‌های ابرجرم دار هم تبخیر خواهند شد.
آنگاه کیهان کاملا سرد و تاریک چیزی جز دریایی پراکنده از فوتون‌ها و ذرات بنیادین نخواهد بود.

سرنوشت کهکشان‌ها

یک تریلیون سال بعد از زمان حاضر کیهان تنها حاوی کهکشان‌های در حال پژمرده شدن و پیر خواهد بود. تمام گاز و غبار این کهکشان‌ها استفاده شده و بیشتر ستارگان در حال مرگ خواهند بود.



◀ بازماندگان نهایی

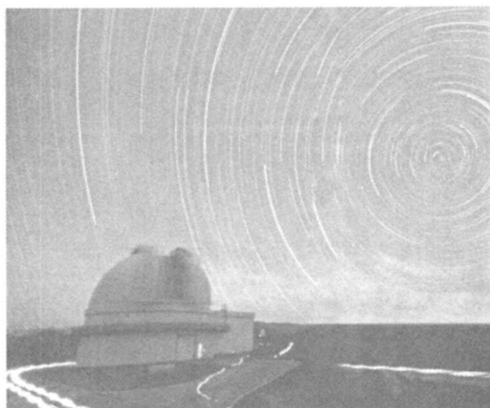
در مراحل نهایی سرمای بزرگ تمام مادهٔ کیهان، حتی آنچه درون سیاهچاله‌هاست تجزیه شده و یا به صورت تابش تبخیر خواهد شد. غیر از برخی از فوتون‌های با طول موج خیلی بلند تنها اجزای کیهان نوترینوها، الکترون‌ها و پوزیترون‌ها خواهند بود.

فصل سوم: چشم انداز عالم از روی زمین

از آنجایی که فانی هستم می‌دانم که برای یک روز متولد شده‌ام. اما هنگامی که برای دلخوشی، حرکت انبوه ستارگان در مدارهای دایره‌ای‌شان را دنبال می‌کنم، دیگر پاهایم زمین را حس نمی‌کنند.

بطلیموس

اجرام کیهانی یعنی کهکشان‌ها، ستارگان، سیارات و سحابی‌ها در گستره سه بعد فضا و یک بعد زمان پراکنده شده‌اند. با نگاه به آن‌ها از مکان‌هایی بسیار دور از هم در گستره عالم، موقعیت‌های نسبی آن‌ها را کاملاً متفاوت خواهیم دید. برای یافتن اجرام در فضا، مطالعه حرکات آن‌ها و تهیه نقشه‌های آسمانی، ستاره‌شناسان نیازمند یک چارچوب مرجع مورد توافق هستند و برای بیشتر اهداف چارچوبی که مورد استفاده قرار می‌گیرد، خود زمین است. مولفهٔ اولیه این چشم‌انداز کرهٔ سماوی است، یعنی یک پوستهٔ فرضی در اطراف زمین که ستاره شناسان وانمود می‌کنند ستارگان به آن چسبیده‌اند. حرکات ظاهری اجرام آسمانی بر روی این کره می‌تواند به حرکات حقیقی زمین، سیارات (حرکت مداری‌شان به دور خورشید)، ماه (حرکت مداری آن به دور زمین) و ستارگان که درون راه شیری در حال حرکتند ارتباط داشته باشد. درک مفهوم کرهٔ سماوی و قراردادهای مربوط به نامگذاری و یافتن اجرام بر روی این کره از اولین گام‌های اساسی در ستاره‌شناسی به شمار می‌روند.



حرکت در آسمان ◄

این تصویر که حاصل بیش از چهار ساعت عکاسی از نمای قطب جنوب کرهٔ سماوی است در رصدخانهٔ کامپاناس در شیلی به دست آمده است.
دنباله‌های ستاره‌ای دایره‌ای و ساعتگرد در پهنای آسمان یکی از ویژگی‌های چشم‌انداز کیهان از روی زمین است. زیرا تنها به علت چرخش زمین حاصل می‌شود.



کرهٔ سماوی

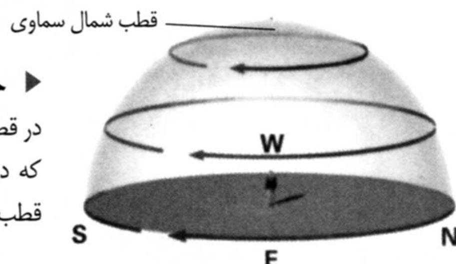
چندین قرن است بشر فهمیده که ستارگان در فواصل مختلفی نسبت به زمین قرار دارند. با این حال به هنگام ثبت موقعیت‌های ستارگان در آسمان راحت‌تر است تصور کنیم که همهٔ آن‌ها به سطح درونی کره‌ای که زمین را احاطه کرده است چسبیده‌اند.

همچنین ایده این کره به ستاره شناسان کمک می‌کند تا دریابند چگونه، موقعیت آن‌ها بر روی زمین، زمان شب و زمان سال، آنچه که در آسمان شب می‌بینند را تحت تاثیر قرار می‌دهند.

آسمان به عنوان یک کره

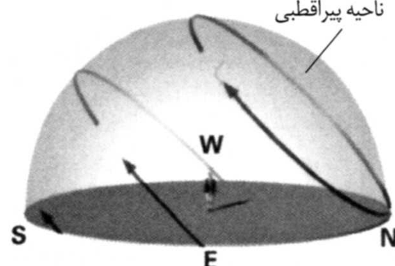
از دیدگاه یک ناظر زمینی به نظر می‌رسد که ستارگان به آرامی در گستره آسمان شب حرکت می‌کنند. گرچه ممکن است چنین به نظر آید که آسمان در حال گردش به دور سیاره ماست، اما در واقع حرکت ستارگان ناشی از چرخش زمین است. یک ناظر زمینی می‌تواند آسمان را به صورت سطح داخلی کره‌ای تصور کند که به عنوان کره سماوی شناخته می‌شود و ستارگان در آن ثابت هستند و زمین نسبت به آن در حال چرخش است. ویژگی های این کره به کرهٔ واقعی زمین مرتبط است. این کره دارای قطب‌های شمال و جنوب و همچنین یک استوا (استوای سماوی) است که به طور مستقیم در بالای استوای زمین قرار می‌گیرد.

کره سماوی شبیه یک نسخهٔ آسمانی از یک کره است ـ یعنی موقعیت ستارگان و کهکشان‌ها را بر روی آن می‌توان مثل شهرهای روی زمین در نظر گرفت که طول و عرض خاص خودشان بر روی کره را دارند.



◀ حرکت در قطب شمال

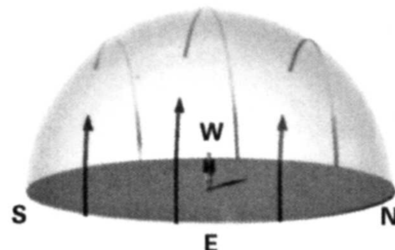
در قطب‌ها به نظر می‌رسد که تمام اجرام آسمانی به دور قطب سماوی که درست در بالای سر قرار دارد در حال چرخشند. این حرکت در قطب شمال پاد ساعتگرد و در قطب جنوب ساعتگرد است.



◀ حرکت در عرض میانی

در عرض‌های میانی بیشتر ستارگان در شرق طلوع کرده، به صورت مایل از آسمان گذر کرده و در غرب غروب می‌کنند.

در اینجا برخی از اجرام (اجرام پیراقطبی) هرگز طلوع یا غروب نمی‌کنند بلکه به دور قطب سماوی در چرخشند.

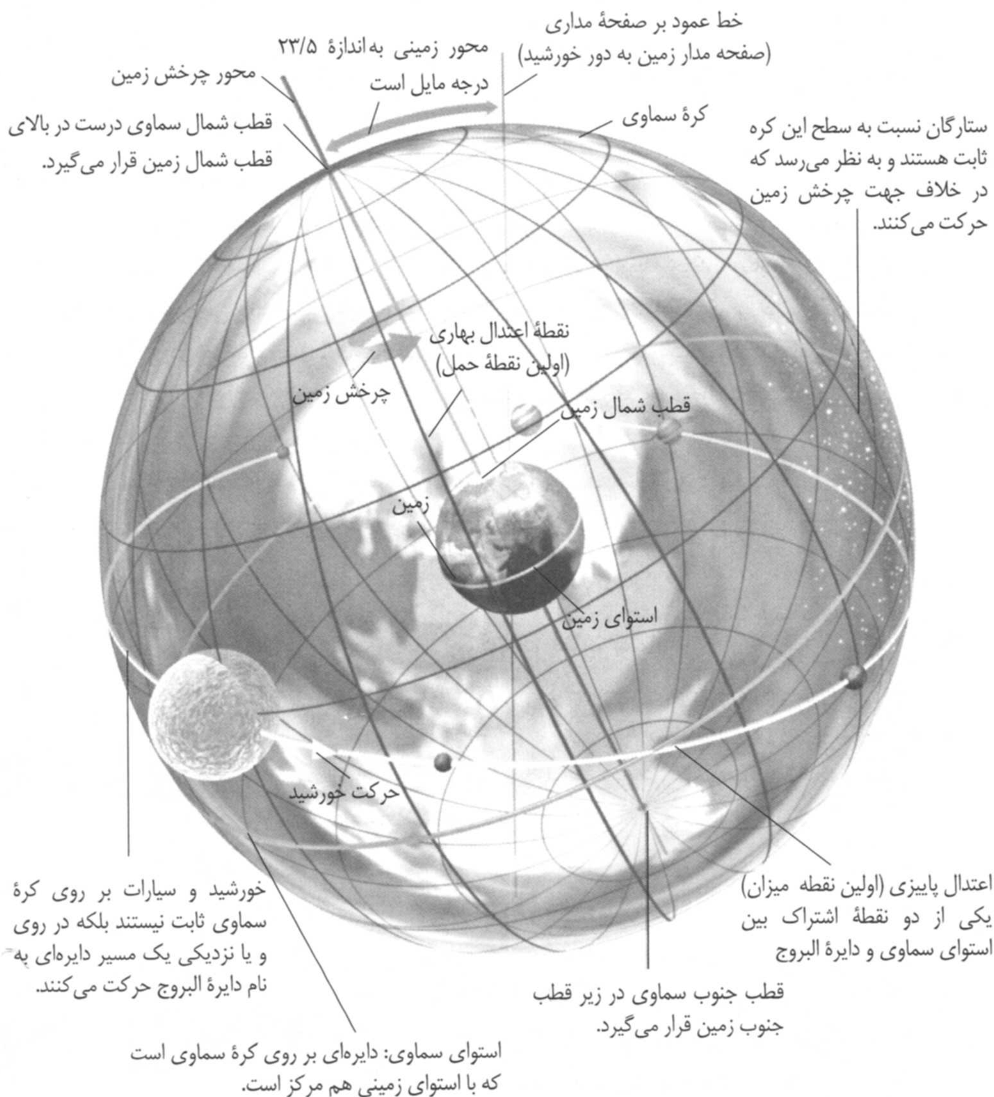


◀ حرکت در استوا

در استوا به نظر می‌رسد که ستارگان و دیگر اجرام آسمانی به صورت عمودی در شرق طلوع کرده و با حرکت در بالای سرمان با فرودی عمودی در غرب غروب می‌کنند.

کره فرضی ▼

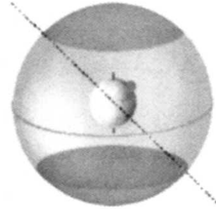
کره سماوی کره‌ای است کاملاً فرضی که دارای شکلی خاص و اما فاقد اندازه‌ای دقیق است. ستاره شناسان از نقاط و منحنی‌های دقیقاً تعریف شده‌ای بر روی سطح آن به عنوان مراجعی برای توصیف یا تعیین موقعیت‌های ستارگان و دیگر اجرام سماوی استفاده می‌کنند.



اثرات عرض جغرافیایی

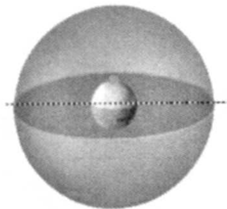
یک ناظر زمینی در بهترین حالت می‌تواند تنها نیمی از کرهٔ سماوی را در هر لحظه ببیند. (با فرض یک آسمان بدون ابر و افق بدون مانع). نیمهٔ دیگر این کره به وسیلهٔ جسم زمین از دید پنهان می‌ماند. در واقع برای یک ناظر در هر یک از قطب‌های زمین یک نیمهٔ خاص از کرهٔ سماوی همیشه در بالای سر اوست در حالی که نیمهٔ دیگر هیچگاه قابل رؤیت نیست.

برای ناظران واقع در دیگر عرض‌ها چرخش زمین به طور دائم بخش‌های جدیدی از کرهٔ سماوی را در معرض دید قرار می‌دهد و بقیه را پنهان می‌کند. این بدان معناست که به عنوان مثال یک ناظر در عرض ۶۰ درجه شمالی یا جنوبی می‌تواند در طی یک شب در حدود ۳/۴ کرهٔ سماوی را برای حداقل مدتی ببیند. یک ناظر بر روی خط استوا می‌تواند در طی همین مدت هر نقطه‌ای بر روی کرهٔ سماوی را برای مدتی ببیند.



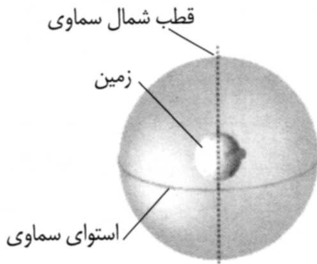
ناظر در عرض میانی ▲

برای این ناظر بخشی از کرهٔ سماوی همواره قابل رؤیت است و بخشی دیگر هیچ‌گاه قابل رؤیت نیست بخشی دیگر آسمان هم به علت چرخش زمین برای مدتی در هر روز قابل رؤیت است.



ناظر در قطب شمال ▲

برای این ناظر، نیمکرهٔ شمالی آسمان همیشه قابل رؤیت است و نیمکرهٔ جنوبی هیچ‌گاه، قابل رؤیت نیست. استوای سماوی در افق ناظر قرار دارد.



ناظر در استوا ▲

برای ناظر در استوا، چرخش زمین همهٔ بخش‌های کرهٔ سماوی را برای مدتی در هر روز قابل رؤیت می‌سازد. در اینجا قطب‌های سماوی در افق هستند.

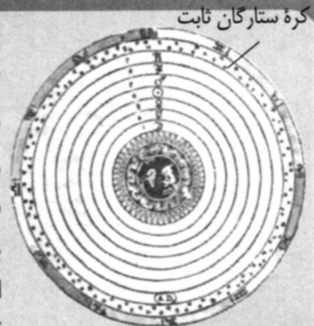
کاوش فضا

آسمان‌های ارسطو

تا قرن هفدهم بعد از میلاد، ایدهٔ کره سماوی که زمین را در برگرفته، فقط یک فرض راحت کننده نبود، بلکه بسیاری از مردم باور داشتند که این کره یک واقعیت فیزیکی است. چنین باورهایی ریشه در مدلی از جهان داشت که توسط فیلسوف یونانی به نام ارسطو (۳۸۴ تا ۳۲۲ قبل از میلاد) ارائه شده بود و توسط بطلیموس (۸۵ تا ۱۶۵ بعد از میلاد) بسط یافته بود.

ارسطو زمین را به صورت ساکن در مرکز عالم فرض می‌کرد که توسط چندین کرهٔ هم مرکز شفاف احاط شده بود و ستارگان، سیارات، خورشید و ماه به آن‌ها متصل شده بودند.

بطلیموس فرض کرد که این کره‌ها با سرعت‌های متفاوتی به دور زمین در حال گردشند و از این روست که حرکات مشاهده شده اجرام آسمانی را ایجاد می‌کنند.



مدل ارسطویی عالم

ستارگان به صورت ثابتی در کرهٔ بیرونی قرار گرفته‌اند. با حرکت از بیرون به داخل دیگر کره‌ها در بردارندهٔ زحل، مشتری، مریخ، خورشید، زهره، عطارد و ماه هستند.

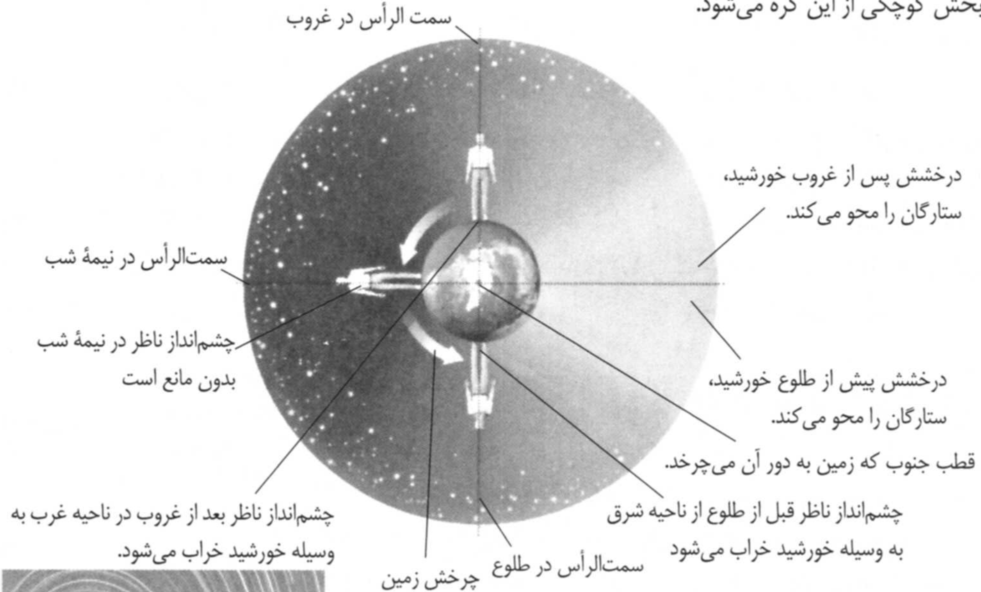
حرکات روزانهٔ آسمان

با چرخش زمین، همهٔ اجرام سماوی در گسترهٔ آسمان حرکت می‌کنند گرچه حرکات ستارگان و سیارات تنها در شب نمایان می‌شود. برای ناظری که در عرض‌های میانی قرار دارد حرکات ستارگان واقع در نواحی قطبی کرهٔ سماوی یک دایره روزانه را در اطراف قطب‌های شمال و جنوب سماوی به وجود می‌آورد. خورشید، ماه، سیارات و بقیهٔ ستارگان، در طول افق شرقی طلوع کرده گسترهٔ آسمان را به صورت قوسی جارو کرده و در غرب غروب می‌کنند. این حرکت برای ناظران نیمکرهٔ شمالی به سمت جنوب و برای ناظران نیمکرهٔ جنوب به سمت شمال مایل است و اگرچه عرض ناظر بالاتر باشد این تمایل بیشتر است.

ستارگان موقعیت‌های ثابتی بر روی کرهٔ سماوی دارند بنابراین الگوی حرکت آن‌ها با دقت بسیار بالایی یک بار در هر روز به خوبی تکرار می‌شود. سیارات، خورشید و ماه همواره بر روی کرهٔ سماوی در حرکتند بنابراین دوره تکرار آن‌ها با ستارگان متفاوت است.

شب استوایی ▼

از استوا تقریباً می‌توان کل کرهٔ سماوی را برای مدتی در طی یک شب مشاهده کرد درخشش خورشید تنها مانع رؤیت بخش کوچکی از این کره می‌شود.





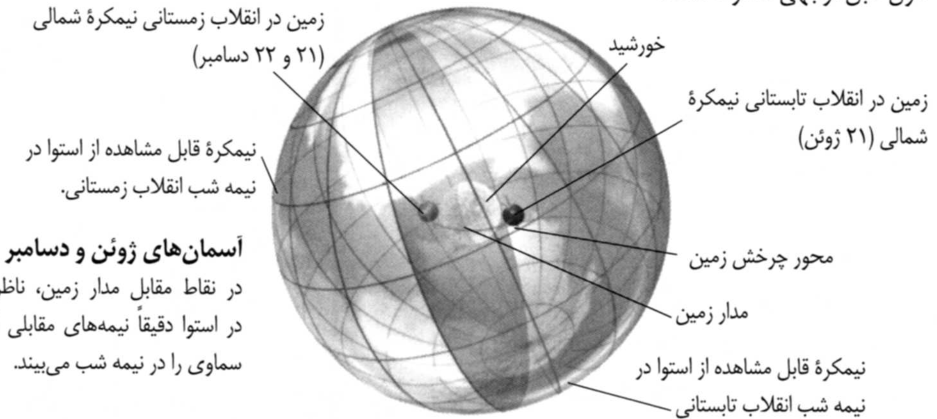
ستارگان پیراقطبی ◄

ستارگان واقع در نواحی قطبی کرهٔ سماوی پاره دایره‌های کاملی را در طی یک شب به دور قطب شمال یا جنوب سماوی شکل می‌دهند. در این تصویر نمونه‌ای از آن ها را در یک تصویر با زمان نوردهی بالا می‌بینید.

حرکات سالانه آسمان

همزمان با گردش زمین به دور خورشید چنین به نظر می‌رسد که خورشید در زمینه ستارگان آسمان حرکت می‌کند. هنگامی که خورشید به ناحیه‌ای از آسمان نقل مکان می‌کند درخشش آن نور آن بخش را محو کرده و از این رو مشاهده هر ستاره یا جسم دیگری که در آن‌جاست در روی زمین موقتاً بسیار دشوار می‌شود.

گردش زمین به دور خورشید همچنین موجب می‌شود تا آن بخش کرهٔ سماوی که در طرف مقابل زمین نسبت به خورشید قرار دارد (همان بخشی که در نیمهٔ شب قابل رؤیت است) تغییر کند. به عنوان مثال بخش قابل مشاهدهٔ آسمان در نیمه شب ماه‌های ژوئن، سپتامبر، دسامبر و مارس حداقل برای ناظران واقع در استوا یا عرض‌های میانی زمین به طول قابل توجهی متفاوت است.

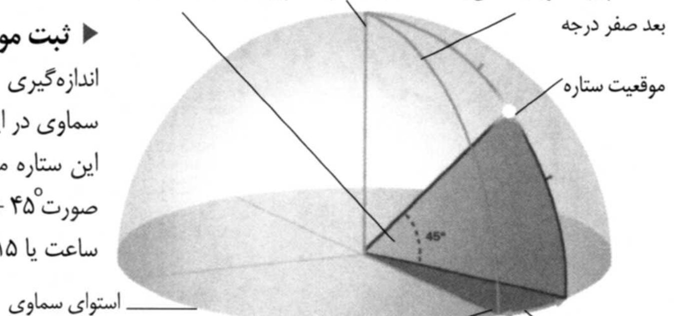


آسمان‌های ژوئن و دسامبر
در نقاط مقابل مدار زمین، ناظر واقع در استوا دقیقاً نیمه‌های مقابلی از کرهٔ سماوی را در نیمه شب می‌بینند.

مختصات سماوی ▲

با استفاده از مفهوم کرهٔ سماوی، ستاره شناسان می‌توانند موقعیت‌های ستارگان و دیگر اجرام سماوی را ثبت و پیدا کنند. ستاره شناسان برای تعریف موقعیت یک جرم از سیستم مختصاتی استفاده می‌کنند که مشابه طول و عرض بر روی زمین است میل برحسب درجه و دقیقهٔ قوسی در راستای شمال و جنوب استوای سماوی اندازه‌گیری می‌شود (۶۰ دقیقهٔ قوسی = یک درجه) و بنابراین معادل عرض جغرافیایی است.

بعد که معادل طول جغرافیایی است زاویه‌ای است که یک جرم سماوی از شرق نصف‌النهار سماوی دارد. نصف‌النهار سماوی خطی است که از هر دو قطب سماوی و نقطه‌ای بر روی استوای سماوی (که اولین نقطه‌ی برج حمل یا نقطهٔ اعتدال بهاری نامیده می‌شود) گذر می‌کند. بعد یک جسم سماوی می‌تواند به صورت درجه و دقیقهٔ قوسی یا ساعت و دقیقه بیان شود. یک ساعت معادل ۱۵ درجه است زیرا ۲۴ ساعت یک دایره کامل را می‌سازد.

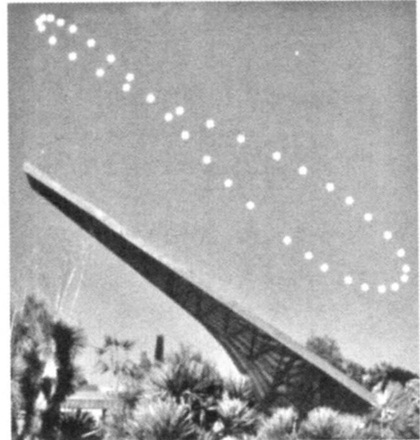


▶ ثبت موقعیت یک ستاره
اندازه‌گیری موقعیت یک ستاره بر روی کرهٔ سماوی در اینجا نشان داده شده است.
این ستاره میلی در حدود ۴۵ درجه (که گاهی به صورت $+45^\circ$ نوشته می‌شود) و بعدی در حدود یک ساعت یا ۱۵ درجه دارد.



چرخه‌های سماوی

از دید ناظر واقع بر روی زمین، وقایع آسمانی در قالب چرخه‌هایی رخ می‌دهند که توسط حرکات زمین، خورشید و ماه تعیین می‌شود. این چرخه‌ها برخی از واحدهای اساسی اندازه‌گیری زمان از قبیل روز و سال را به ما عرضه می‌دارند. حرکات مذکور هم در برگیرنده حرکات ظاهری روزانه همهٔ اجرام سماوی در گسترهٔ آسمان، حرکت ظاهری سالانه خورشید در زمینهٔ کرهٔ سماوی، چرخهٔ فصلی و چرخهٔ ماهانهٔ اهلهٔ ماه است.
چرخه‌های مرتبط دیگر وقایع شگفت‌انگیز و اما قابل پیش‌بینی چون گرفت‌های خورشید و ماه را به وجود می‌آورند.



◄ شاخص تمایل خورشید

برای تولید این تصویر ۳۷ بار در طی یک سال از بالای یک شاخص آفتاب در زمان مشخصی از روز از خورشید عکس‌برداری شده است.

تغییر عمودی در موقعیت خورشید به دلیل کجی محور چرخش زمین است. ناهماهنگی افقی به دلیل تغییر سرعت زمین در مدار بیضوی اش به دور خورشید است. الگوی هشتی شکل حاصل شاخص تمایل خورشید نامیده می‌شود.

مسیر سماوی خورشید ▼

با حرکت زمین به دور خورشید، برای ناظری که روی زمین قرار دارد چنین به نظر می‌رسد که خورشید دارد مسیری را در پهنهٔ کره سماوی طی می‌کند که به عنوان دایره‌البروج شناخته می‌شود. به خاطر درخشش خورشید این حرکت خیلی آشکار نیست، اما خورشید در هر روز مسافت کوتاهی را نسبت به پس زمینهٔ ستارگان طی می‌کند. نواری از آسمان با پهنای ۹ درجه در هر دو طرف مسیر خورشید، منطقه‌البروج نامیده می‌شود و همه یا بخش‌هایی از ۲۴ صورت فلکی را دربرمی‌گیرد.



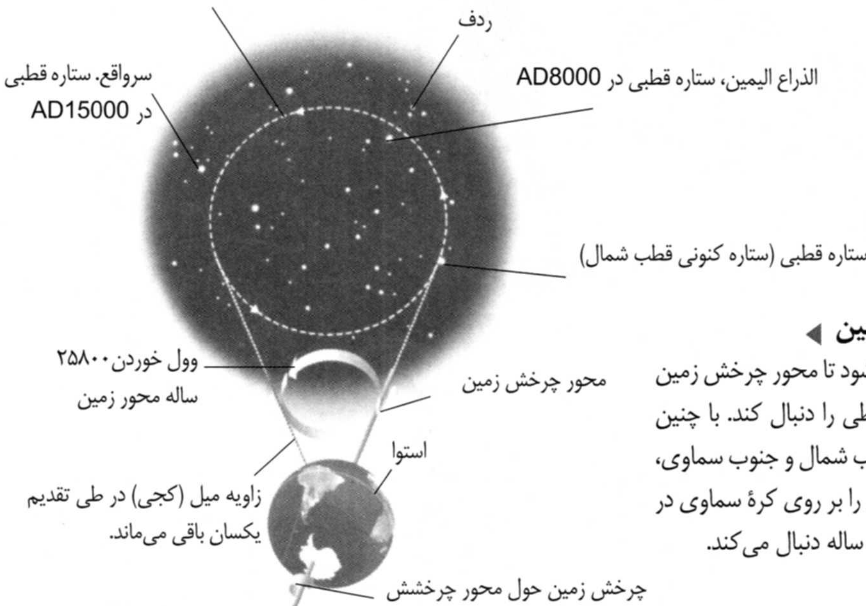
در بین این صور خورشید از بین سیزده صورت فلکی گذر می‌کند که دوازده تای آن‌های علائم برج‌هایی هستند که برای دنبال کنندگان طالع‌بینی کاملاً شناخته شده‌اند خورشید تعداد متغیری از روزها را در هر یک از این صورت‌های فلکی می‌گذراند.
با این حال در زمان حاضر خورشید در تاریخ‌هایی بسیار متفاوت از تاریخ‌های طالع‌بینی سنتی از هر صورت فلکی گذر می‌کند. برای مثال به کسی که بین ۲۱ مارس و ۱۹ آوریل متولد شده گفته می‌شود که متولد حمل است اما در زمان حاضر خورشید در فاصله‌ی ۱۹ آوریل و ۲۳ می از حمل گذر می‌کند. این اختلاف تا حدی به علت پدیده‌ای است که تقدیم نامیده می‌شود.

تقدیم

محور چرخش زمین به دور خودش به اندازهٔ ۲۳/۵ درجه به سمت صفحهٔ مداری کج است. این کجی در شکل دهی فصل‌ها نقش اساسی دارد. در حال حاضر نقاط محور در جایی بر روی نیمکرهٔ شمالی سماوی (در قطب شمال سماوی) در نزدیکی ستاره جدی قرار دارد. اما همیشه اینطور نخواهد بود. مثل یک فرفرهٔ چرخان، زمین یک حرکت تلوتلو خوران آهسته هم انجام می‌دهد که در طی یک چرخه ۲۵۸۰۰ ساله جهت محور آن را عوض می‌کند.

این تلوتلو خوردن که تقدیم نام دارد به وسیله گرانش خورشید و ماه ایجاد می‌شود. این پدیده همچنین موجب می‌شود تا قطب شمال سماوی، استوای سماوی و دو نقطهٔ مرجع دیگر بر روی کرهٔ سماوی که نقاط اعتدالین نامیده می‌شوند مکان‌هایشان را به تدریج تغییر دهند.

از این رو مختصات ستارگان و دیگر اجرام ثابت از قبیل کهکشان‌ها تغییر می‌کند. بنابراین ستاره‌شناسان باید آن‌ها را براساس یک دوره استاندارد حدوداً ۵۰ ساله بازنگری کنند. استاندارد فعلی دقیقاً در اول ژوئن سال ۲۰۰۰ تصحیح شده است.



وول خوردن زمین ◄

تقدیم موجب می‌شود تا محور چرخش زمین یک شکل مخروطی را دنبال کند. با چنین حرکتی هر دو قطب شمال و جنوب سماوی، مسیرهای دایروی را بر روی کرهٔ سماوی در یک دوره ۲۵۸۰۰ ساله دنبال می‌کند.

افسانه‌ها و داستان‌ها

طالع‌بینی و دایره‌البروج.

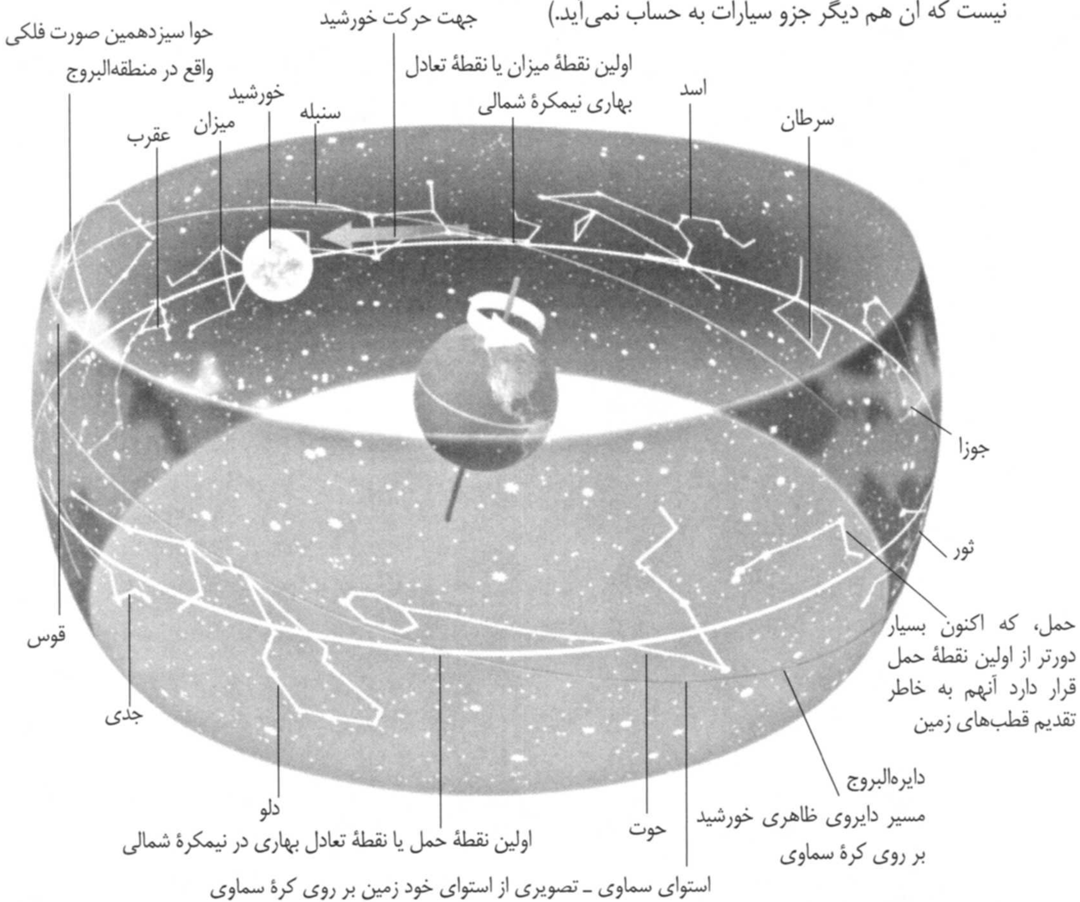
طالع‌بینی، مطالعهٔ موقعیت‌ها و حرکات خورشید، ماه و سیارات در آسمان و آن هم با این باور است که حرکات و موقعیت‌های آن‌ها بر روی امورات بشر تاثیر گذار هستند. در زمانی که ستاره شناسی اساساً برای تعیین تقویم‌ها به کار برده می‌شد، ستاره‌شناسی و طالع‌بینی درهم گره خورده بودند، اما اکنون اهداف و روش‌های آنان تغییر کرده است. طالع‌بینان توجه کمی به صورت‌های فلکی دارند و به جای آن موقعیت‌های خورشید و سیارات را در بخش‌هایی از دایره‌البروج اندازه می‌گیرند که مثلاً به آن‌ها حمل و ثور می‌گویند. با این حال این بخش‌ها دیگر مطابق با صور فلکی حمل و ثور نیستند.



این نقاشی قرن هفدهم از رساله‌ای که در مورد منطقه‌البروج نوشته شده گرفته شده است و منجمی را نشان می‌دهد که دارد از نمونهٔ اولیه‌ای از یک تلسکوپ نصب شده استفاده می‌کند.

دایره البروج

آنچه در اینجا نشان داده شده ناحیه‌ای از کرهٔ سماوی است که به منطقه‌البروج معروف است. این ناحیه در هر دو طرف دایره‌البروج قرار می‌گیرد ـ که همان مسیر دایروی ظاهری خورشید در آسمان است. با گردش زمین به دور خورشید، خورشید هم این مسیر را ماه به ماه دنبال می‌کند. منطقه‌البروج در بردارندهٔ ۱۲ صورت فلکی معروف به علاوه صورت فلکی سیزدهمی است که همان حوا می‌باشد. این صورت فلکی دایره‌البروج را در بین عقرب و قوس قطع می‌کند همانند خورشید مسیرهای سماوی ماه و سیارات هم محدود به دایره‌البروج هستند. (تنها مسیر پلوتو در منطقه‌البروج محدود نیست که آن هم دیگر جزو سیارات به حساب نمی‌آید.)



دایره‌البروج اسلامی

دیدگاه نجوم اسلامی در مورد کرهٔ سماوی شامل صورت‌های فلکی است که آن‌ها هم به عنوان علائم ستاره‌ای دایره‌البروجی شناخته می‌شوند. از جمله آن‌ها می‌توان به عقرب و اسد اشاره کرد. دست‌نوشته‌هایی از یک هندی در قرن نوزدهم به دست آمده است که دانش ستاره‌شناسی اسلامی، هندی و اروپایی را در کنار هم گرد آورده است.

خورشید نیمه شب

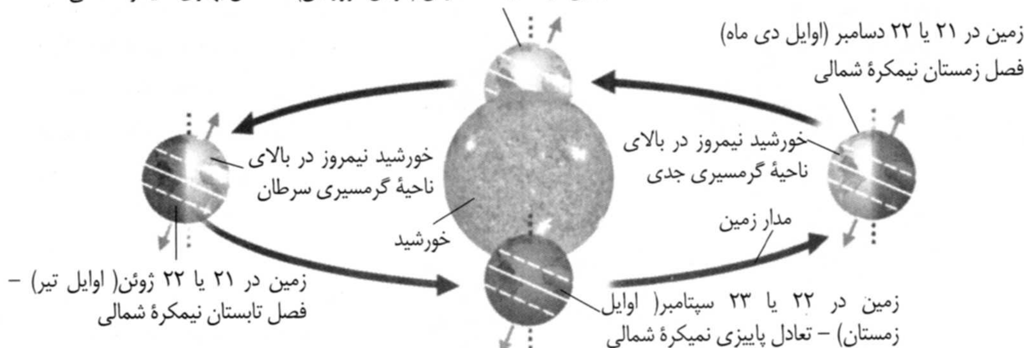
در نزدیکی انقلاب تابستانی در قطب زاویه میل(کجی) زمین موجب می‌شود که خورشید غروب نکند و تا حوالی نیمه شب در سطح افق دیده شود.

فصل‌ها

گردش زمین به دور خورشید. مدت ۳۶۵/۲۵ روز به طول می‌انجامد و یک واحد کلیدی زمان یعنی سال را به ما ارائه می‌دهد. فصل‌های زمین از کجی محورش نسبت به مدار گردش آن به وجود می‌آیند. به دلیل میل یا کجی زمین معمولاً یکی از نیمکره‌های آن به سمت خورشید اشاره دارند. نیمکره‌ای که به سمت خورشید کج می‌شود نور بیشتری از خورشید دریافت می‌دارد و از این رو گرمتر است.

هر ساله نیمکرهٔ شمالی در حوالی ۲۱ ژوئن(اوایل تیر ماه) بیشترین میل را نسبت به خورشید پیدا می‌کند. در این زمان در نیمکرهٔ شمالی فصل تابستان و در نیمکرهٔ جنوبی فصل زمستان است. برای مدتی در این تاریخ‌ها ناحیهٔ قطب شمال تمام روز در معرض تابش خورشید است در حالی که ناحیه قطب جنوب در تاریکی است و به طور بالعکس در حوالی ۲۱ دسامبر(اوایل دی ماه) این وضعیت معکوس می‌شود.

در بین انقلاب‌ها، اعتدال‌ها قرار دارند. در این هنگام محور زمین به سمت خروشید کج نیست و دوره‌های روشنایی روز و تاریکی شب برای همهٔ نقاط در روی زمین با هم برابرند. کجی زمین همچنین نواحی گرمسیر را مشخص می‌کند خورشید در حوالی ۲۱ ژوئن (اوایل تیرماه) در نیمهٔ روز درست در بالای گرمسیری سرطان (۲۳/۵ درجه شمالی) و در نزدیکی ۲۱ دسامبر (اوایل دی ماه) در بالای گرمسیری جدی (۲۳/۵ درجه جنوبی) قرار دارد. همچنین در طی اعتدالین در موقع نیم روز در بالای استوا قرار دارد.

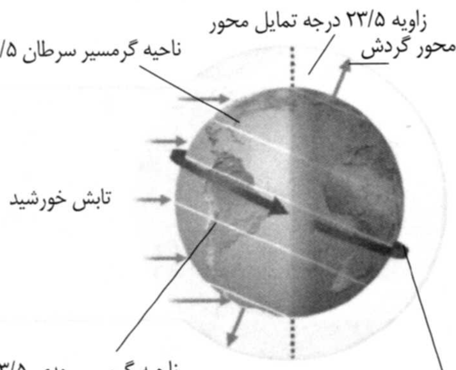


انقلاب‌ها و اعتدال‌ها ▲

در انقلاب‌ها که در ژوئن و دسامبر واقع می‌شوند، یک نیمکره طولانی‌ترین روز و دیگری کوتاه ترین روزش را دارد. در اعتدال‌ها که در مارس و سپتامبر قرار دارند طول روز و شب در هر کجا روی زمین با هم برابر است.

◀ شدت نور خورشید

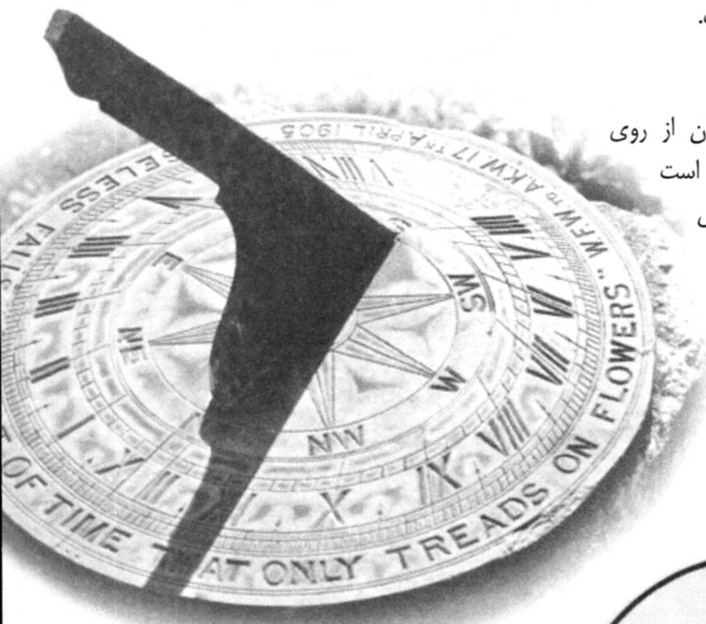
شدت تابش خورشید در نواحی گرمسیری از همه جا بیشتر است. هر چه به سمت قطب‌ها پیش می‌رویم پرتوهای خورشید با زاویهٔ میل بیشتری به زمین می‌رسند.
آن‌ها باید از ضخامت بیشتری از جو عبور کنند و بر روی ناحیهٔ وسیع‌تری از زمین پخش می‌شوند.





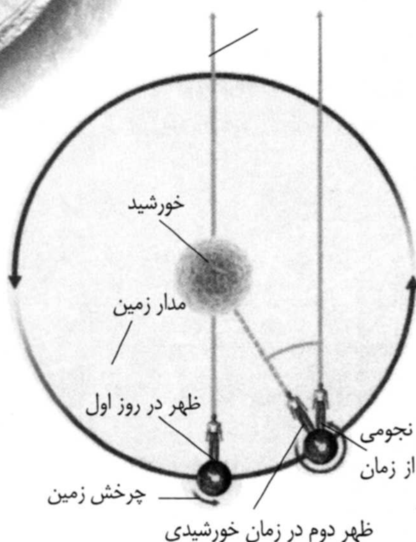
اندازه‌گیری روزها

زمین هرروز یک بار به دور خودش می‌چرخد و بیشتر مکان‌های روی سطح آن از نور خورشید به سایه رفته و برمی‌گردند و به این ترتیب چرخه روز و شب را به وجود می‌آورند.
با این حال در تعریف برای آنچه که یک روز را تشکیل می‌دهد دو تعریف وجود دارد و تنها یکی از این‌ها که روز خورشیدی باشد دقیقا ۲۴ ساعت به طول می‌انجامد.
یک روز خورشیدی توسط حرکت ظاهری خورشید در گسترهٔ آسمان تعریف می‌شود که به خاطر چرخش زمین اتفاق می‌افتد. این روز مدت زمانی است که طول می‌کشد تا خورشید به بالاترین نقطهٔ خودش در آسمان از دید یک نقطه ثابت در روی زمین برگردد.
نوع دیگر روز که روز نجومی است توسط چرخش زمین نسبت به ستارگان تعریف می‌شود. این روز مدت زمانی است که طول می‌کشد تا یک ستاره به بالاترین نقطهٔ خودش در آسمان در طی دو روز متوالی برگردد. یک روز نجومی ۴ دقیقه کوچکتر از یک روز خورشیدی است.



◀ زمان خورشیدی

زمان خورشیدی روش اندازه‌گیری زمان از روی حرکت ظاهری خورشید در پهنهٔ آسمان است که به وسیلهٔ شاخص آفتاب اندازه‌گیری می‌شود. یک روز خورشیدی به ۲۴ ساعت تقسیم‌بندی می‌شود.



◀ روز خورشیدی و نجومی

اختلالات بین روزهای خورشیدی و نجومی از گردش و چرخش زمین به دور خورشید و خودش ناشی می‌شود.
زمین باید پس از یکبار چرخش نسبت به ستارگان، کمی بیشتر به چرخش خود ادامه دهد تا خورشید در آسمان به همان نقطهٔ اولیه‌اش برگردد.

زمان نجومی ▼

سحابی شاخص جبار که در اینجا از نمای ۵۰ درجه شمالی به نمایش درآمده است. در هر روز در زمان خورشیدی یکسان پایین‌تر به نظر خواهد رسید آن هم به خاطر تفاوت ۴ دقیقه در روز بین زمان نجومی و خورشیدی.



۱۵ آوریل ساعت ۲۰:۰۰   ۸ آوریل ساعت ۲۰:۰۰   ۱ آوریل ساعت ۲۰:۰۰

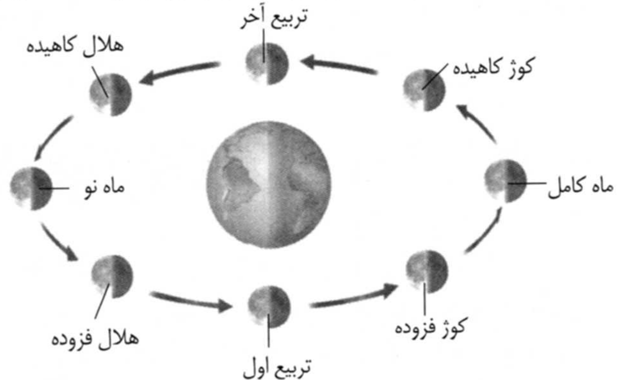
اندازه‌گیری ماه‌ها

مفهوم یک ماه بر اساس گردش ماه به دور زمین است در طی هر یک از گردش‌های ماه زوایهٔ بین زمین، ماه و خورشید به طور پیوسته تغییر می‌کند و موجب شکل‌گیری هلال‌های ماه می‌شود. اهلهٔ ماه بین ماه نو (هنگامی که ماه بین زمین و خورشید است) ، هلال ماه، تربیع و کوز ماه تا ماه کامل (زمانی که زمین بین ماه و خورشید قرار می‌گیرد) در چرخه هستند.

چرخهٔ کامل اهله ماه ۲۹/۵ روز خورشیدی به طول می‌انجامد و یک ماه قمری را تعریف می‌کند. با این حال حرکت رو به جلوی زمین به دور خورشید، تعریف یک ماه را دشوار می‌سازد. همانطور که اندازه‌گیری یک روز را هم پیچیده می‌کرد. در واقع تنها ۲۷/۳ روز طول می کشد تا با توجه به زمینهٔ ستارگان ماه به دور زمین بگردد. ستاره شناسان این دوره را یک ماه نجومی می‌نامند. این عدم توافق به این دلیل است که حرکت رو به جلوی زمین به دور خورشید زوایای بین زمین، خورشید و ماه را تغییر می‌دهد. بعد از یک گردش کامل ماه به دور زمین (یک ماه نجومی) ماه باید اندکی بیشتر در مدار حرکت کند تا به هم ترازی اصلی اش با زمین و خورشید (یک ماه قمری) برسد.

◀ تغییر زوایا

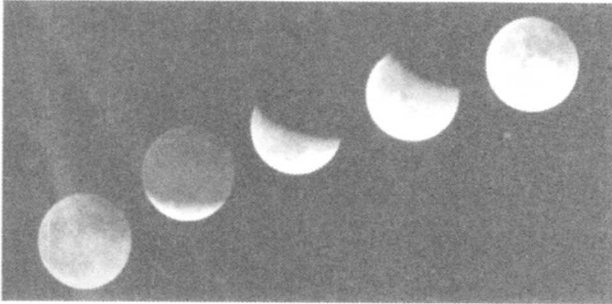
در هر دوره گردش ماه، زاویهٔ بین زمین، ماه و خورشید تغییر می‌کند. بخشی از سطح رو به خورشید ماه که توسط ناظر زمینی دیده می‌شود هم در یک الگوی چرخه‌ای تغییر می‌کند.





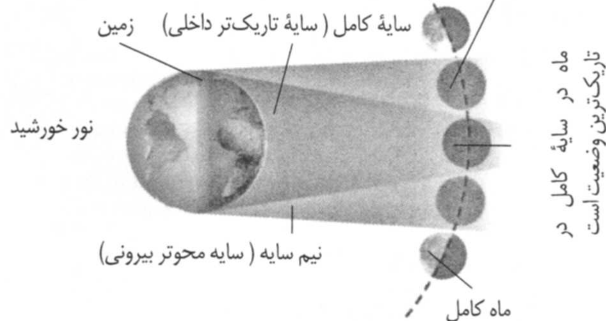
گرفت‌های ماه

با گردش ماه به دور زمین گاهی ماه به داخل سایهٔ زمین وارد می‌شود – پدیده‌ای که گرفت ماه یا ماه‌گرفتگی نام دارد – و یا مانع نور خورشید می‌شود تا به زمین برسد – یعنی یک گرفت خورشیدی یا خورشید گرفتگی. گرفت‌ها در هر ماه اتفاق نمی‌افتند زیرا صفحهٔ گردش ماه به دور زمین منطبق با صفحهٔ گردش زمین به دور خورشید نیست. با این حال گرفت‌های ماه یا خورشید چندین بار در هر سال اتفاق می‌افتند. گرفت‌های ماه دو یا سه بار در هر سال و آن هم همواره در طی ماه کامل اتفاق می‌افتند. ستاره‌شناسان گرفت‌های ماه را در سه دسته مختلف طبقه‌بندی می کنند. در یک گرفت نیم سایه‌ای ماه از نیم سایهٔ زمین عبور می‌کند که تنها باعث کاهش اندک نور ماه می‌شود در یک گرفت جزیی بخشی از ماه از سایهٔ کامل زمین عبور می‌کند. در این حال در یک گرفت کلی کل ماه از سایه کامل زمین عبور می کند.



گرفت کلی ماه ◀

این تصویر ترکیبی مراحل یک گرفت کلی ماه را نشان می‌دهد. ماه در اوج گرفت سرخ به نظر می‌رسد (پایین چپ) زیرا مقداری نور قرمز با شکست در جو زمین به سمت ماه خمیده می‌شود.



◀ مکانیک یک ماه گرفتگی

سایه زمین متشکل از نیم سایه، که در آن مقداری از نور خورشید گرفته می‌شود و سایه کامل می‌باشد. در یک گرفت کلی، ماه از نیم سایه، سایه کامل و دوباره نیم سایه گذر می‌کند.

افسانه ها و داستان ها

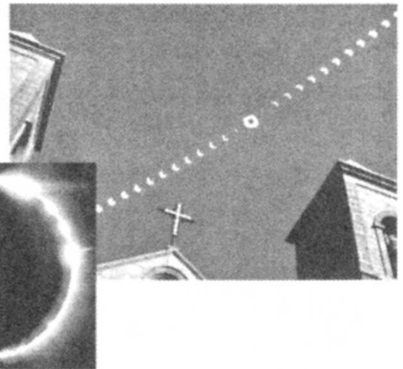
وقوع بلایا

ستاره شناسان گرفت ها را از ۷۰۰ سال قبل از میلاد به صورت قابل اطمینانی پیش‌بینی می کرده‌اند.
اما این موضوع مانع از فعالیت غیب‌گویان و طالع‌بینان نشده و آنها سعی می کردند تا بلایا را به این وقایع معمول سماوی ربط دهند. آن‌ها اغلب بلایا و فجایعی را در ارتباط با این گرفت‌ها پیش‌بینی کرده‌اند و گرچه به جز موفقیت‌های اتفاقی دستاورد دیگری نداشته‌اند، اما مردم همچنان به حرف آن گوش می‌دادند. به عنوان نمونه در یک اطلس اروپایی در سال ۱۸۲۷ میلادی مردم به خاطر گرفت به صورت وحشت‌زده به تصویر کشیده‌اند.
گرچه ممکن است گرفت‌ها برای پیش‌گویی آینده مفید نباشند اما حساب گرفت‌های گذشته برای تاریخ‌دانان امروزی از ارزش فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از آن رو که به این وسیله در صورتی که گزارش‌های تاریخی گرفت‌ها را هم ثبت کرده باشند، می‌توان تاریخ این وقایع را با دقت بالایی محاسبه کرد.

گرفت‌های خورشید

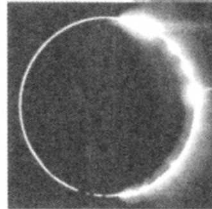
یک گرفت خورشید یا خورشید گرفتگی هنگامی رخ می‌دهد که ماه مانع رسیدن نور خورشید به بخشی از زمین می‌شود. در طی یک گرفت کلی، ناظران می توانند در نواری در سطح زمین که مسیر کلیت نامیده می‌شود ببینید که برای چند دقیقه خورشید به طور کامل توسط ماه پوشانده می‌شود. در بیرون این ناحیه، ناحیهٔ بزرگتری است که در آن ناظران تنها شاهد پوشیده شدن بخشی از خورشید هستند، گرفت‌های جزئی معمول‌تر هستند که مسیر کلیتی هم به وجود نمی‌آورند. نوع سومی از گرفت‌های خورشیدی گرفت‌های حلقوی هستند که هنگامی رخ می‌دهند که ماه دورتر از مقدار میانگین فاصله خود نسبت به زمین است. به گونه‌ای که قرص آن کوچکتر از آن می‌شود که کل قرص خورشید را بپوشاند. در اوج یک گرفت حلقوی، ماه همانند یک قرص تاریک درون حلقهٔ محدود نور خورشید به نظر می‌رسد. گرفت‌های خورشیدی دو یا سه بار در هر سال اتفاق می‌افتند. اما گرفت‌های کامل تنها یک بار در هر ۱۸ ماه، رخ می‌دهند. در طی دوره گرفت کامل، تاج خورشیدی (که همان جو داغ بیرونی آن باشد) قابل مشاهده می‌شود.

◀ دنباله گرفت



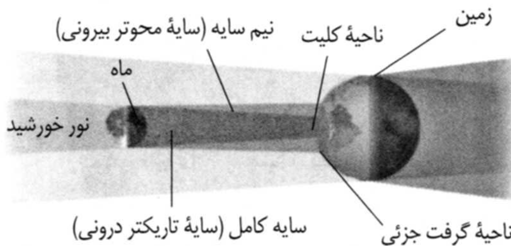
این تصویر چند بار نوردهی شده، بیش از ۲۰ مرحلهٔ یک گرفت کلی خورشیدی را نشان می‌دهد که در سال ۱۹۹۱ میلادی در مکزیک دیده شده است. در مرکز، تاج خورشیدی در اطراف خورشید کاملاً پوشیده شده دیده می‌شود.

◀ دانه‌های بیلی



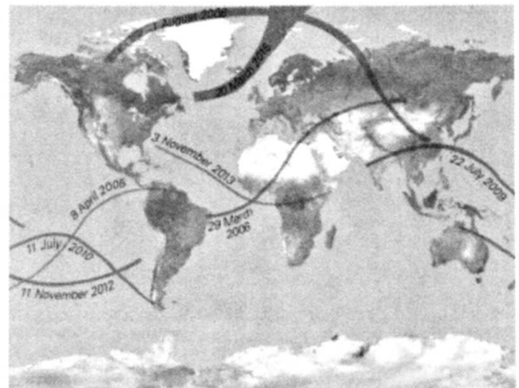
در آغاز و پایان یک گرفت کلی خورشیدی، سطح ناهموار و پر از چالهٔ ماه بخشی اندکی از نور خورشید را به شکل گره‌هایی از نور که دانه‌های بیلی نامیده می‌شوند از خود عبور می‌دهد.

◀ سایهٔ ماه



سایه‌ای که در طی یک گرفت کلی خورشیدی توسط ماه تشکیل می‌شود از سایهٔ کامل مرکزی (مربوط به ناحیه کلیت) و نیم سایه (ناحیهٔ گرفت جزئی) تشکیل شده است.

◀ مسیرهای کلیت



بخشی از سطح زمین که سایهٔ کامل ماه در یک گرفت کلی خورشیدی بر روی آن می‌افتد، مسیر کلیت نامیده می‌شود. این مسیر را می‌توان به طور دقیق پیش‌بینی کرد. در این تصویر می‌توانید مسیرهای گرفتگی‌ها را تا سال ۲۰۱۵ ببینید.



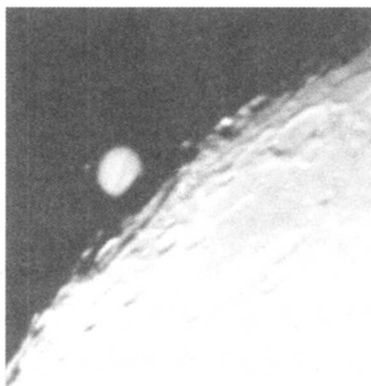
حرکت سیاره ای

نسبت به ستارگان، سیارات منظومه شمسی بسیار به زمین نزدیک ترند. از این رو به نظر می رسد که همزمان با گردش شان به دور خورشید نسبت به زمینه ستارگان سرگردانند. این حرکت آسمانی تحت تاثیر مدار خورشیدی خود زمین است که نقطه دیدگاه ناظران مقید به زمین را تغییر می دهد. سیارات نزدیک تر به زمین سریع تر از سیارت دورتر به دور کره سماوی می گردند. بخشی از این امر به علت چشم‌انداز و بخشی دیگر به این علت است که هر چه سیاره‌ای به خورشد نزدیک تر باشد ، سرعت مداری آن بیشتر است.



◀ همواره در نزدیکی خورشید

در اینجا ماه و ناهید در نزدیکی هم در آسمان سپیده دم دیده می شوند. ناهید تنها به مدت چند ساعت تا موقع سپیده دم در آسمان مشرق و یا چند ساعت بعد از غروب در آسمان مغرب قابل رویت است. این سیاره هرگز در آسمان نیمه شب دیده نمی‌شود. این بدان علت است که این سیاره از زمین به خورشید نزدیک تر است و بنابراین هرگز در آسمان، خیلی از خورشید فاصله نمی گیرد



اختفای مشتری توسط ماه ▲

این اختفا در ۲۶ ژانویه سال ۲۰۰۲ میلادی اتفاق افتاد و در بالای عرض ۵۵ درجه شمالی قابل رویت بود. در اینجا سیاره در پشت تاریکی دیواره بلند دهانه بیلی ماه از دید پنهان می شود. هنگامی که ماه و سیاره آنگونه که از روی زمین دیده می شود هم خط می‌شوند اختفاهایی که توسط ماه ایجاد می‌شوند عموما به صورت متوالی رخ می‌دهند. در این هنگام در هر ماه نجومی یک اختفا روی می دهد، تا وقتی که ماه و سیاره دوباره از هم خطی خارج شوند.

یوهان کپلر



یوهان کپلر(۱۵۷۱- ۱۶۳۰ میلادی) ستاره شناس آلمانی قوانین حرکت سیاره‌ای را کشف کرد. اولین قانون او بیان می کند که سیارات در مسیرهای بیضوی به دور خورشید می گردند. قانون بعدی بیان می‌دارد که هرچه سیاره‌ای به خورشید نزدیک‌تر شود با سرعت بیشتری حرکت می کند. در این حال سومین قانون او رابطهٔ بین فاصلهٔ سیاره از خورشید و دورهٔ مداری آن را بیان می کند. نیوتن از قوانین کپلر برای فرمول بندی نظریه گرانش خود استفاده کرد.

سیارات داخلی و خارجی

به لحاظ حرکت در آسمان آنگونه که از زمین دیده می شود ، سیارات به دو گروه تقسیم می شوند. سیارات داخلی عطارد و زهره که مدارشان از زمین به خورشید نزدیک تر است. این سیارات هرگز در کرهٔ سماوی از خورشید زیاد فاصله نمی گیرند. بیشترین زاویه انحراف این سیارات از خورشید (که حداکثر کشیدگی آن ها خوانده می شود) برای عطارد ۲۸ درجه و برای زهره ۴۵ درجه است. ازآنجایی که این سیارات به زمین نزدیک هستند و به سرعت در مدارشان حرکت می کنند هر دوی شان به تندی نسبت به زمینه ستارگان آسمان حرکت می کنند. آن ها همچنین همانند ماه اهله ای از خود نشان می‌دهند زیرا مقداری تغییر در زاویه بین زمین، سیاره و خورشید وجود دارد. همه سیارات دیگر از مریخ به بعد، سیارات خارجی نامیده می‌شوند. این سیارات در کرهٔ سماوی خیلی مقید به خورشید نیستند و بنابراین در نیمه شب هم می‌توان آن ها را دید. به غیر از مریخ ، سیارات خارجی دیگر، از زمین دورتر از آن هستند که اهله واضحی نشان دهند و به کندی بر روی کرهٔ سماوی در حرکتند. هرچه این سیارات دورتر از خورشید باشند حرکت آن ها کندتر است.

مقارنه بالایی سیاره داخلی، سیاره کامل به نظر می رسد اما در طرف دیگر خورشد قرار دارد.

کشیدگی شرقی حداکثری، سیاره به صورت هلالی در آسمان شامگاه ظاهر می شود.

مقارنه بالایی، سیاره از طرف دور خود همخط با خورشید است.

مداربالایی سیاره

مدار پایینی سیاره

زمین

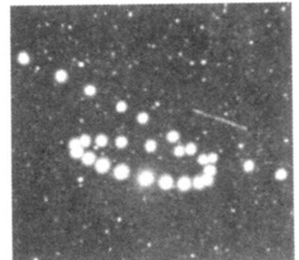
حداکثر کشیدگی غربی، سیاره به صورت یک هلال در آسمان صبح به نظر می رسد.

نقطه مقابل سیاره خارجی (سیاره بزرگ به نظر می رسد و در تمام شب قابل رویت است.)

مقارنه پایینی، سیاره داخلی به طور مستقیم بین زمین و خورشید قرار می گیرد. سیاره در حالت ماه نو است و از روی زمین قابل رویت نیست.

چشم انداز سیارات ▲

اصطلاحاتی که در اینجا تعریف شده‌اند برای توصیف همجواری های خاص زمین، خورشید و سیارات به کار گرفته می شوند. این همجواری ها بر اهله ، درخشندگی و اندازه و زمان رویت سیارات در آسمان زمین تاثیرگذارند.

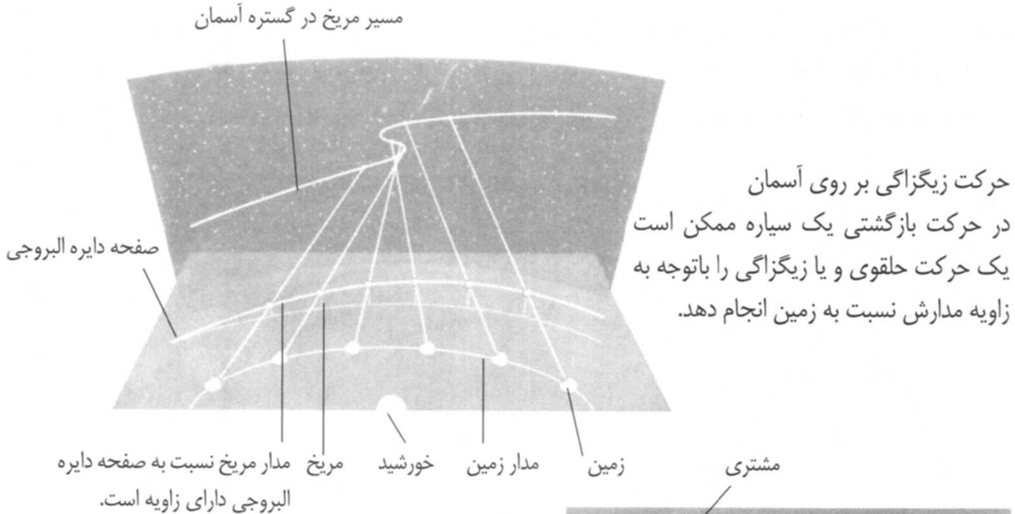


◀ مریخ حلقه را گره می زند

این تصویر ترکیبی، که در طی چند ماه گرفته شده است یک حلقه بازگشتی در حرکت مریخ را نسبت به زمینه ستارگان نشان می دهد. خط نقاط کوچک اضافی توسط اورانوس ایجاد شده است.

حرکت بازگشتی ▼

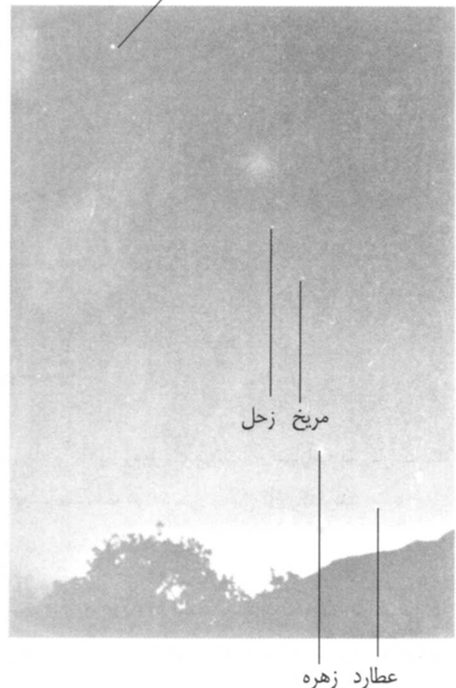
سیارات معمولا شب به شب در برابر زمینه ستارگان در آسمان از سمت غرب به شرق حرکت می کنند. با این حال به صورت دوره‌ای و برای مدت کوتاهی یک سیاره از سمت شرق به غرب هم حرکت می کند، پدیده‌ای که حرکت بازگشتی نام دارد. حرکت بازگشتی یکی از اثرات تغییر چشم انداز است. سیارات خارجی چون مریخ، وقتی این حرکت را نشان می‌دهند که زمین از سیاره دیگر در نقطهٔ بالایی سبقت می گیرد(هنگامی که زمین بین سیاره خارجی و خورشید حرکت می کند.). سیارات داخلی عطارد و زهره در هر دو طرف مقارنه پایینی از خود حرکت بازگشتی نشان می‌دهند. آن ها هنگامی که بین زمین و خورشید حرکت می کنند از زمین سبقت می گیرند

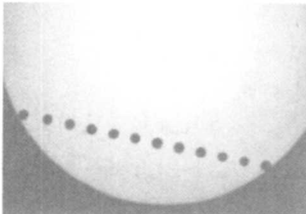


حرکت زیگزاگی بر روی آسمان
در حرکت بازگشتی یک سیاره ممکن است یک حرکت حلقوی و یا زیگزاگی را باتوجه به زاویه مدارش نسبت به زمین انجام دهد.

◄ مقارنه سیاره ای آوریل ۲۰۰۲

مقارنه ای که در اینجا نشان داده شده، شامل هر پنج سیاره ایست که با چشم غیرمسلح قابل رویتند. این سیارات بعد از غروب چندین شامگاه درآوریل ۲۰۰۲ قابل رویت بودند. گرچه این سیارات در نزدیکی هم به نظر می‌رسند، اما دهها تا صدها میلیون کیلومتر از هم فاصله دارند





گذر زهره از مقابل قرص خورشید ▲

این تصویر ترکیبی از گذر سال ۲۰۰۴ زهره تنها در عرض پنج ساعت گرفته شده است. در طی این زمان ستاره شناسان اطلاعاتی در مورد تغییر نور خورشید گردآوردی کردند، تا از آن به عنوان مدلی برای جستجوی سیاراتی با اندازه زمین که به دور ستارگان دیگر می گردند استفاده کنند.

صف بندی درآسمان

از آنجایی که تقریبا همه سیارات در یک صفحه به دور خورشید در حال گردش اند، هیچگاه از نواری در آسمان که دایره البروج نام دارد انحراف پیدا نمی کنند. خیلی غیرمعمول نیست که چندین سیاره در یک زمان در یک بخش آسمان و اغلب تقریبا در یک خط قرار گرفته باشند. چنین وقایعی که مقارنه های سیاره ای نامیده می شوند، اهمیت خیلی زیادی ندارند اما منظره های تماشایی هستند. نوع دیگری از صف بندی ها که گذر نام دارد، هنگامی رخ می دهد که یک سیاره داخلی به طور مستقیم بین زمین و خورشید قرار می گیرد و از مقابل قرص خورشید عبور می کند. یک جفت از گذرهای زهره با فاصله هشت سال حدودا یک بار در هر قرن رخ می دهد. در این حال گذرهای عطارد حدودا دوازده بار در یک قرن رخ می دهند. در گذشته ها گذرها این امکان را برای ستاره شناسان فراهم ساختند تا فواصل درون منظومه شمسی را با دقت بیشتری به دست آورند. نوع آخر صف بندی، اختفاست که هنگامی رخ می دهد که یک جسم آسمانی از جلوی دیگری عبور کرده و آن را می پوشاند. اختفای یک سیاره توسط سیاره دیگر، مثل اختفای مشتری توسط زهره، تنها چند بار در یک قرن اتفاق می افتد. بر خلاف این، اختفای یک سیاره توسط ماه ده تا یازده بار در هر سال رخ می دهد.

گذر زهره

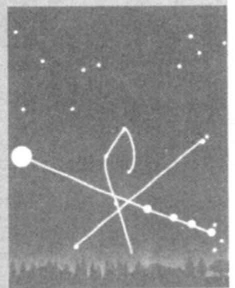
این تصویر از گذر سال ۲۰۰۴ زهره، نزدیک ترین همسایه سیاره ای ما را به صورت دایره تاریکی در نزدیکی لبه قرص خورشید نشان می دهد. این اولین گذر زهره از سال ۱۸۸۲ میلادی بود. گذر دیگر در سال ۲۰۱۲ اتفاق خواهد افتاد. اما بعد از آن تا سال ۲۱۱۷ میلادی نمی توان انتظار گذر دیگری داشت.

افسانه ها و داستان ها

علامت آسمانی کنستانتین



در ۲۷ اکتبر سال ۳۱۲ بعد از میلاد، کنستانتین امپراتور مسیحی روم نبرد معروفی را در پل میلوین در بیرون روم انجام داد و در برابر رقیبش ماکسنتیوس پیروز شد. گفته می شود که او در جشن پیروزی این نبرد، علامتی را در آسمان دید که از حروف یونانی چی و رو تشکیل شده بود. این دو حرف، دو حرف اول کلمه مسیح به زبان یونانی بودند. او با شنیدن صدایی که می گفت شما با این علامت پیروز می شوید به سربازانش دستور داد تا این علامت را بر روی زره های شان قرار دهند و پیروزی اش را به این اقدام نسبت داد. مورخان اکنون می دانند که مقارنه ای بین سیارات درخشان در تاریخ وقوع این نبرد رخ داده است و برخی از آنها می گویند که این سیارات، ماه و برخی از ستارگان نزدیک، علامت چی و رو را تشکیل داده بودند.



◀ مقارنه سال ۳۱۲ بعد از میلاد

چهار سیاره درخشان تر و چند ستاره پرنور در جشن پیروزی در آسمان جنوب غربی و بعد از غروب آفتاب در نزدیکی هم بودند. احتمالا ماه که در گوشه چپ قرار دارد، بر گمان اینکه یک الگوی چی رو در آسمان نمایان شده، افزوده است.

نبرد پل میلوین ▲

در این اثر فرانسوی حکاکی روی چوب، که نبرد را به نمایش گذاشته، کنستانتین و لشکریانش را در کنار دشمنان به هلاکت رسیده نشان می دهد، آنها به علامت چی و رو در آسمان نگاه می کنند.



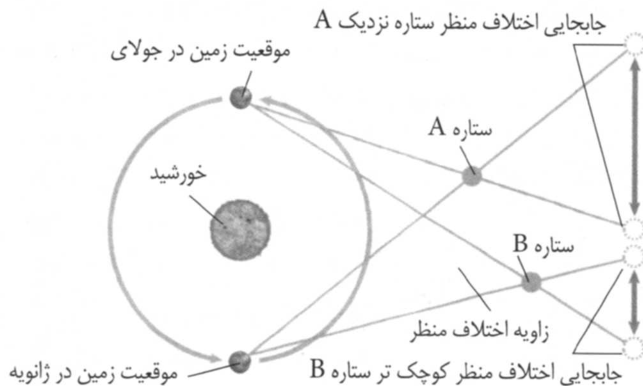
شکل ها و حرکت ستارگان

ممکن است ستارگان نسبت به کره سماوی ثابت به نظر برسند. اما در واقعیت، موقعیت های ستارگان ولو به کندی در حال تغییر است. این حرکت به دو بخش تقسیم می شود: یک حرکت جنبشی کوچک سالانه در موقعیت ستاره در آسمان که جابجایی اختلاف منظر نامیده می شود و یک حرکت جهتی پیوسته که حرکت خاص نام دارد. برای ثبت حرکت ستارگان و ویژگی هایی از قبیل رنگ و تابندگی آن ها هر ستاره نیازمند یک اسم است. نامگذاری سیستم ها و فهرست نام ها ریشه در صورت های فلکی دارد. این صورت های فلکی برای توصیف شکل هایی که توسط ستارگان در آسمان به وجود می آیند؛ اختراع شدند.

جابجایی اختلاف منظر

جابجایی اختلاف منظر، یک تغییر ظاهری در موقعیت یک جسم نسبتا نزدیک نسبت به پس زمینه دورتر، همزمان با تغییر مکان ناظر است. هنگامی که یک ناظر از طرف های مقابل مدار زمین به دور خورشید از یک ستاره نزدیک دو عکس می گیرد، موقعیت ستاره نسبت به پس زمینه ستارگان، اندکی تغییر می کند. هنگامی که ناظر میزان این جابجایی را اندازه می گیرد، با دانستن شعاع مدار زمین می تواند فاصله ستاره را با استفاده از مثلثات محاسبه کند.

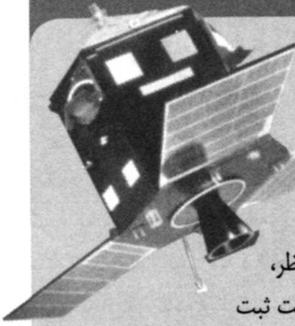
تا همین اواخر استفاده از این تکنیک محدود به ستارگانی بود که در فاصله چند صد سال نوری از زمین بودند. زیرا جابجایی های ستارگان دوردست ، کوچکتر از آن بود که به طور دقیق اندازه گیری شود. با این حال با استفاده از ابزارهای دقیقی که در ماهواره ها کار گذاشته شده، دقت اندازه گیری بسیار بالاتری امکان پذیر شده است. مثلا با استفاده از ابزارهایی که در ماهواره هیپارکوس کارگذاری شده، محاسبه فواصل ستاره‌ای تا چند هزار سال نوری فاصله از زمین امکان پذیر شده است. برای ستارگان دوردست تر، این جابجایی بسیار کوچک و نزدیک به صفر است و بنابراین باید روش های دیگری برای اندازه گیری فواصل آن ها به کار گرفته شوند.



اندازه گیری فاصله با استفاده از اختلاف منظر ▲

هنگامی که ستاره A از طرف مقابل مدار زمین اندازه گیری می شود، جابجایی ظاهری موقعیت آن بزرگتر از جابجایی ستاره دوردست تر B است. از روی این جابجایی، یک ناظر می تواند زاویه اختلاف منظر بین ستاره و دو موقعیت زمین را محاسبه کند. فاصله ستاره را می توان از روی این زاویه تعیین کرد.

کاوش فضا



هیپارکوس

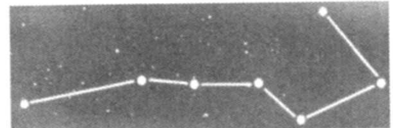
هیپارکوس یک ماهواره آژانس فضایی اروپاست که بین سال های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ مطالعاتی را بر روی ستارگان انجام داد. نام آن مخفف ماهواره جمع آوری اختلاف منظرهای دقیق (High Parallax Collecting Satellite) بوده و به افتخار هیپارکوس ستاره شناس یونانی انتخاب شده است. حاصل ماموریت این ماهواره دو فهرست نامه بوده است. فهرست نامه هیپارکوس موقعیت، اختلاف منظر، حرکت های ویژه، درخشندگی و رنگ بیش از ۱۱۸۰۰۰ ستاره را با درجه بالایی از دقت ثبت کرده است. فهرست نامه تیکو، اندازه گیری های مربوط به بیش از یک میلیون ستاره را با دقت کمتری ثبت کرده است.

ماهواره هیپارکوس

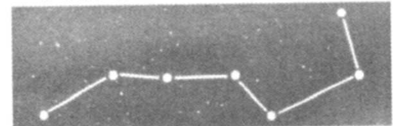
این ماهواره به آرامی در فضا می چرخد و همزمان با چرخشش نوارهایی از آسمان را اسکن می کند. این ماهواره حرکت هر ستاره را در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ بار اندازه گرفته است.

حرکت ویژه ستارگان

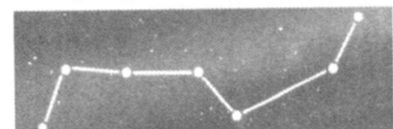
همه ستارگان کهکشان ما، با سرعت های مختلفی نسبت به منظومه شمسی در حال حرکت به سمت مرکز کهکشان و یکدیگر هستند. این حرکت موجب یک حرکت زاویه ای ظاهری درگستره کره سماوی می شود که حرکت ویژه یک ستاره نامیده شده و بر حسب درجه در سال اندازه گیری می شود. بیشتر ستارگان آنقدر دوردست هستند که حرکت ویژه آن ها قابل چشم پوشی است. حدود ۲۰۰ ستاره دارای حرکت ویژه ای بزرگتر از یک ثانیه قوسی، یا یک درجه حرکت زاویه ای در ۳۶۰۰ سال هستند. ستاره بارنرد دارای سریع ترین حرکت ویژه است که با سرعت ۱۰/۳ ثانیه قوسی در سال حرکت می کند. ۱۸۰ سال به طول می انجامد تا این ستاره قطر ماه کامل را در آسمان بپیماید. اگر ستاره شناسان هم حرکت ویژه و هم فاصله یک ستاره را بدانند، می توانند سرعت عرضی آن ستاره را نسبت به زمین محاسبه کنند. این سرعت همان سرعت با زاویه قائمه نسبت به خط دید از زمین است. مولفه دیگر سرعت ستاره نسبت به زمین سرعت شعاعی آن نامیده می شود که همان سرعت ستاره به طرف یا در خلاف جهت زمین است. این سرعت با اندازه گیری جابجایی در طیف ستاره به دست می آید.



هفت اورنگ مهین در ۱۰۰۰۰۰ سال قبل از میلاد



هفت اورنگ مهین در ۲۰۰۰ سال بعد از میلاد



هفت اورنگ مهین در ۱۰۰۰۰۰ سال بعد از میلاد

تغییر شکل

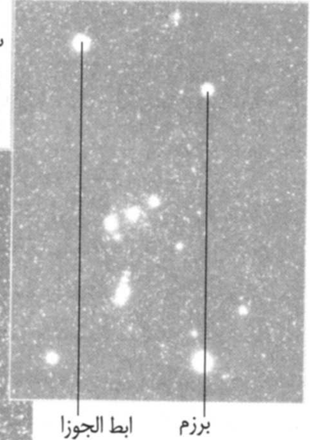
الگو و ترتیب قرار گرفتن ستارهایی که به عنوان جمع اختری هفت اورنگ مهین شناخته می شوند، به دلیل حرکات ویژه ستارگان آن به تدریج تغییر می کند. در این جمع ستارگان، پنج ستاره به صورت هماهنگ و به شکل گروهی حرکت می کنند، اما دو ستاره‌ای که در کناره ها هستند، به صورت مستقل حرکت می کنند.

درخشندگی ستارگان

درخشندگی یک ستاره در آسمان به فاصله آن از زمین و درخشندگی ذاتی آن که خود به تابندگی آن مربوط است وابسته می باشد. تابندگی مقدار انرژی است که یک ستاره در واحد زمان در فضا تابش می کند. برای درک اینکه اگر همه ستارگان در فاصله یکسانی از ما بودند چگونه به نظر می رسیدند، ستاره شناسان از واحدی برای اندازه گیری درخشندگی ذاتی استفاده می کنند که مقیاس قدر مطلق نامیده می شود. در این مقیاس از اعداد مثبت بزرگی برای اشاره به ستارگان کم نور و اعداد منفی برای اشاره به درخشان ترین ستارگان استفاده می شود. به بیان دیگر درخشندگی یک ستاره آن گونه که از روی زمین دیده می شود به وسیله قدر ظاهری آن بیان می شود. در اینجا هم هرچه عدد قدر ظاهری یک ستاره کوچکتر باشد، ستاره درخشان تر است. تنها ستارگانی با قدر ظاهری کمتر از ۶+ با چشم غیر مسلح قابل رویتند در حالیکه قدر ظاهری بیشتر ۵۰ ستاره درخشان آسمان بین ۲+ و صفر است. چهار ستاره درخشان تر آسمان، از جمله شعرای یمانی که درخشان ترین ستاره آسمان است، دارای قدرهای ظاهری منفی هستند.

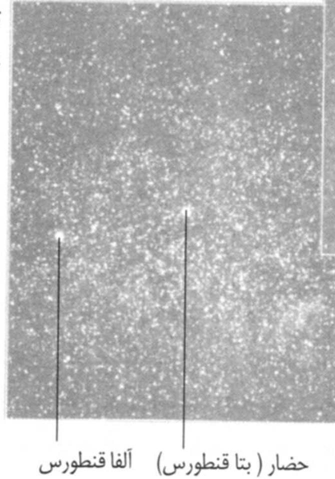
◀ ستاره ذاتا درخشان

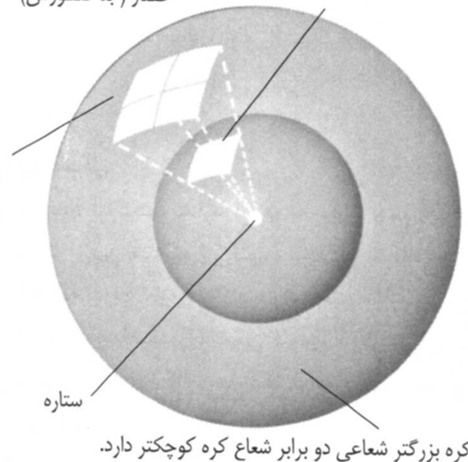
ستارگان ابط الجوزا و برزم شانه های جبار را مشخص می کنند. ابط الجوزا (با قدر ظاهری ۰/۴۵) به طور قابل توجهی درخشان تر از برزم (باقدر ظاهری ۱/۶۴) است، گرچه فاصله آن از زمین دو برابر است. این ستاره یک ابر غول قرمز با تابندگی بسیار بالاست، در حالیکه برزم یک غول بسیار کم درخشش تر است.



◀ ستاره درخشان همسایه

در صورت فلکی قنطورس سیستم سه تایی ستاره‌ای آلفا قنطورس (با قدر ظاهری ۰/۰۱-) کمی درخشان‌تر از سیستم دوتایی حضار یا همان بتا قنطورس (با قدر ظاهری ۰/۶۱) است. دلیل درخشندگی آلفا قنطورس نزدیکی آن است. این سسستم نزدیکترین همسایه ستاره‌ای ماست. ستارگان غول آبی که حضار را تشکیل می دهند بسیار درخشان تر از ستارگان آلفا قنطورس هستند اما آنها در حدود ۱۲۰ برابر دورتر هستند.





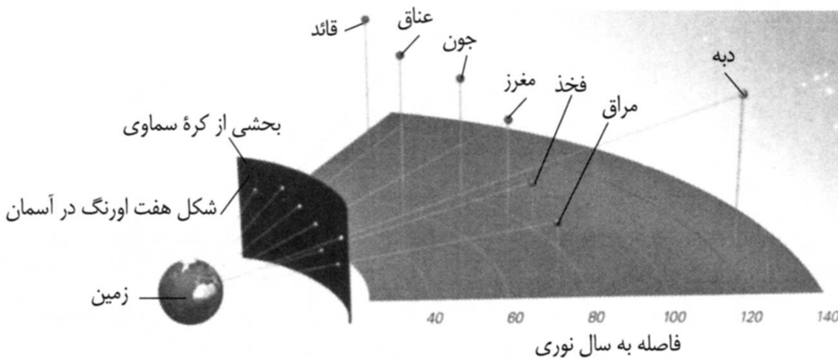
◀ قانون عکس مربع

درخشندگی ظاهری یک ستاره متناسب با مربع فاصله آن از ناظر کاهش می یابد، قاعده ای که قانون عکس مربع نامیده می شود. این موضوع به این دلیل اتفاق می افتد که انرژی نوری همزمان با دورشدن از ستاره در گسترهٔ فضای به طور فزاینده ای بزرگتر پخش می شود.



صورت های فلکی

از دوران باستان مردم شکل های تخیلی در بین گروه هایی از ستارگان در آسمان شب می دیده اند. آن ها با استفاده از خطوطی ستارگان این گروه ها را به هم وصل کرده و شکل هایی را خلق کرده اند که صور فلکی نامیده می شوند. آنگاه با توجه به شکل هر صورت فلکی آن را نامگذاری کرده اند. هر صورت فلکی اسمی دارد که در بیشتر موارد اسم یک حیوان یا شئ است مثل اسد (شیر) با پیاله و یا اینکه شخصیتی افسانه‌ای مثل هرکول است. تشخیص بعضی از صورت های فلکی مثل جبار (شکارچی) آسان است، اما برخی دیگر همچون حوت (ماهی) کمتر مشخص هستند. از سال ۱۹۳۰ میلادی یک سیستم مورد توافق بین المللی کره سماوی را به ۸۸ ناحیهٔ نامنظم تقسیم کرده است که هر یک در بردانندهٔ یکی از این اشکال است. در واقع از دیدگاه نجومی واژهٔ صورت فلکی اکنون به ناحیه ای از آسمان اطلاق می شود که در بردارندهٔ این شکل است و نه خود شکل. همهٔ ستارگان درون محدودهٔ یک صورت فلکی به آن صورت فلکی تعلق دارند، حتی اگر به ستارگان تشکیل دهندهٔ شکل صورت فلکی مرتبط نباشند. درون برخی از صورت‌های فلکی گروه های شاخص کوچکتری از ستارگان وجود دارند که به جمع اختری معروفند. این گروه‌ها شامل کمربند جبار (خطی از سه ستاره درخشان در جبار) و هفت اورنگ مهین (گروهی از هفت ستاره در صورت فلکی دب اکبر) می‌باشند. تعدادی از جمع اختران محدوده‌های صورفلکی را قطع می کنند. به عنوان نمونه بخش عمدهٔ جمع اختر مربع اسب بالدار در صورت فلکی اسب بالدار قرار دارد اما یکی از گوشه‌های آن در صورت فلکی امراه المسلسله قرار گرفته است.



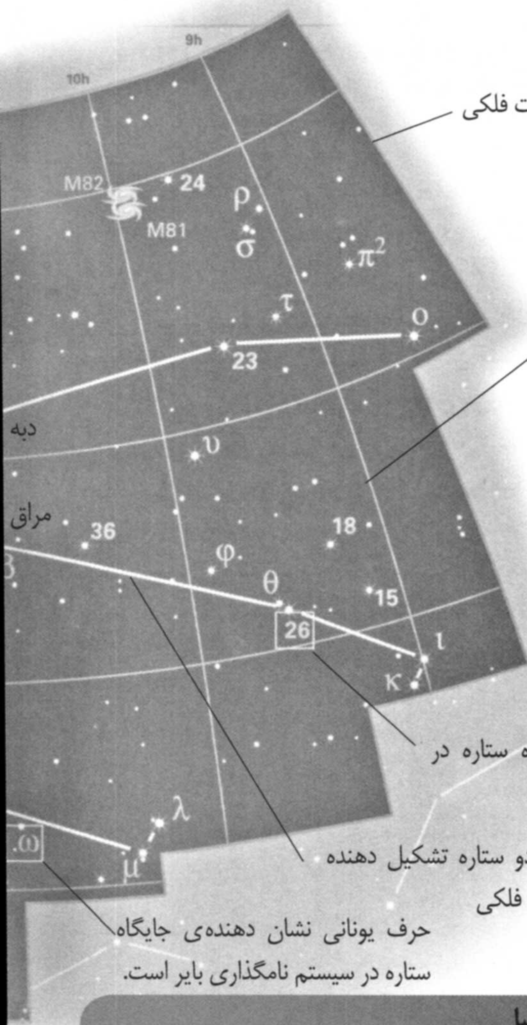
خط دید چشم

یک شکل ستاره ای همچون هفت اورنگ در صورت فلکی دب اکبر یک نمای دوبعدی از چیزی است که ممکن است یک نمونه بسیار پراکنده از ستارگان باشد. ممکن است چنین به نظر برسد که این ستارگان در یک صفحه قرار گرفته اند، اما در واقع این ستارگان در فواصل مختلفی از زمین هستند. اگر ما می توانستیم ستارگان را از جای دیگری در فضا ببینیم، آن ها شکل کاملا متفاوتی را پدید می آوردند.



◀ صورت های فلکی گمشده

برخی از صورت های فلکی برای مدت کوتاهی در قرن نوزدهم پدیدار شدند. صورت فلکی گربه امروز به عنوان بخشی از صورت فلکی مارآبی، به آن پیوسته است. این صورت فلکی بر روی چندین نقشه ستارگان ظاهر شد، اما به طور رسمی پذیرفته نشد.

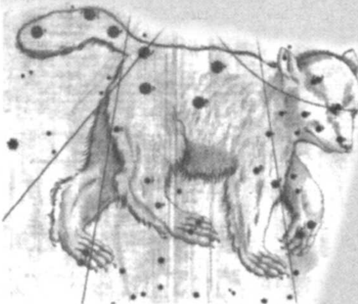


نقشه ستارگان ◄

این نقشه ستارگان صورت فلکی دب اکبر (خرس بزرگ)، شکل صورت فلکی (شکل خطوطی که ستارگان درخشان را به هم وصل می‌کنند) و نام بسیاری از ستارگان را نشان می‌دهد. همچنین اجرامی همچون کهکشان هایی که درون این صورت فلکی قرار گرفته اند هم نشان داده شده اند.

کاوش فضا

سیستم بایر

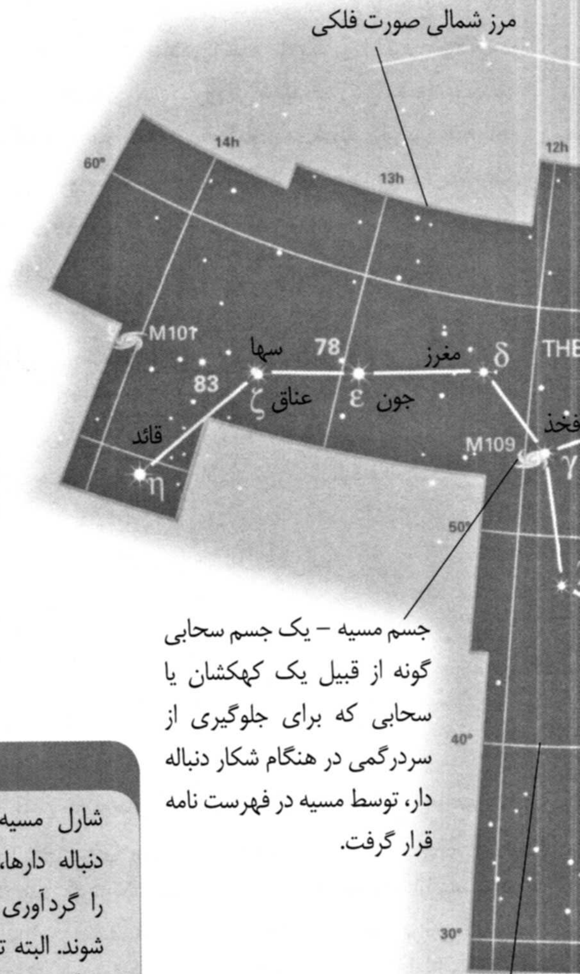


جان بایر حروف یونانی را تقریبا به ترتیب کاهش درخشندگی به ستارگان هر صورت فلکی نسبت داد. قلب الاسد که درخشان ترین ستاره در صورت فلکی اسد می‌باشد آلفا اسد نام گرفت. ذنب الاسد که دومین ستاره درخشان این صورت فلکی است بتا اسد نام گرفت و به همین ترتیب...

بایر از سیستم های ترتیبی دیگر هم استفاده کرد. هفت اورنگ در صورت فلکی دب اکبر به ترتیب از غرب به شرق با حروف نامگذاری شده اند.

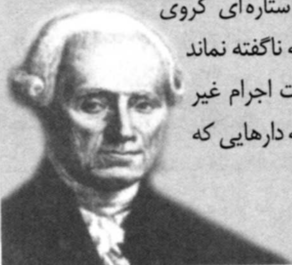
نقشه بایر از دب اکبر ◄

هفت ستارهٔ هفت اورنگ را می توان در ناحیه بالا – چپ این نقشهٔ فلک سنجی بایر دید.

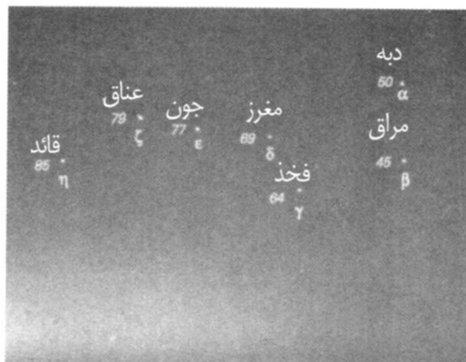


شارل مسیه

شارل مسیه (۱۷۳۰- ۱۸۱۲ میلادی) شکارچی فرانسوی دنباله دارها، فهرستی از ۱۱۰ جرم سحابی‌گونه در آسمان را گردآوری کرد که می‌توانستند با دنباله‌دارها اشتباه گرفته شوند. البته تمام این اجرام را خود او کشف نکرد، بلکه بسیاری از آن‌ها توسط شخص فرانسوی دیگری به نام پی‌یر مشان مشخص شده بودند. البته تعدادی از این اجرام هم قبلا توسط ستاره شناسانی چون ادموند هالی کشف شده بودند. اولین کشف واقعی مسیه M3 ، یک خوشه ستاره‌ای کروی درصورت فلکی تازی ها بود. البته ناگفته نماند که مسیه بیشتر به خاطر فهرست اجرام غیر دنباله دارش معروف است نه دنباله دارهایی که کشف کرده است.



بیشتر ستارگان درخشان آسمان، نام های باستانی دارند که از فرهنگ های بابلی، یونانی و یا عربی گرفته شده‌اند. اولین نامگذاری اصولی ستارگان در سال ۱۶۰۳ میلادی توسط جان بایر انجام شد. بایر تا ۲۴ ستاره در هر صورت فلکی را با نامگذاری به وسیلهٔ حروف یونانی از هم متمایز ساخت. بعد از آن او به استفاده از حروف رومی از a تا z توسل جست. در سال ۱۷۱۲ میلادی جان فلامستد ستاره شناس انگلیسی (۱۶۴۶- ۱۷۱۹ میلادی) سیستم دیگری را معرفی کرد که در آن ستارگان به ترتیب بُعدشان از غرب به شرق گسترهٔ صورت فلکی شان عددگذاری می شدند. ستارگان معمولا بر حسب ارتباطشان با حروف بایر یا اعداد فلامستد با شکل مضاف الیه اسم صورت فلکی نامگذاری می شوند. بنابراین ۵۶ دجاجه به ستاره ای اشاره دارد که پنجاه و ششمین ستاره از لبهٔ غربی صورت فلکی دجاجه است. از قرن هجدهم فهرست های متعدد دیگری هم عرضه شده‌اند که در آن ها ستارگان کم نور بیشتری شماره گذاری شده‌اند و سیستم های خاصی هم برای دسته بندی ستارگان متغییر، دوتایی و چندگانه اختصاص یافته اند.

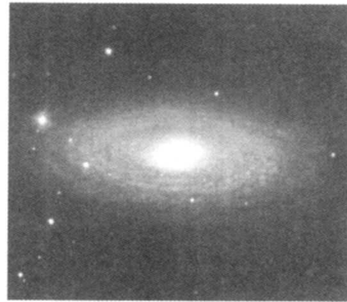


▶ سیستم های بایر و فلامستد
این تصویر از هفت اورنگ در دب اکبر نام های باستان هر ستاره را به علاوه علامت بایر و شماره فلامستد آن نشان می دهد. برای مثال ستاره قائد ، اتا دب اکبر (بایر) و یا ۸۵ دب اکبر(فلامستد) هم نامیده می شود.

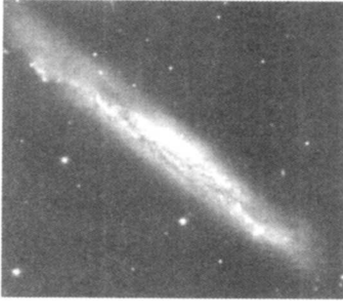
فهرست نامه اجرام سحابی

در کنار ستارگان منفرد انواع گوناگون دیگری از اجرام از قبیل خوشه های ستاره‌ای، سحابی ها و کهکشان ها هم عملا موقعیت های ثابتی بر روی کرهٔ سماوی دارند. از بیشتر این اجرام حتی درون تلسکوپ هم نمی توان چیزی بیشتر از یک لکهٔ مبهم دید. اولین کسی که چنین اجرامی را فهرست بندی کرد، یک ستاره شناس فرانسوی به نام شارل مسیه بود که در قرن هجدهم این کار را انجام داد. او فهرستی از ۱۱۰ جرم مبهم سماوی را گرد آوری کرد. البته در این فهرست هیچ یک از اجرام نیمکره جنوبی سماوی وجود نداشتند زیرا او مشاهداتش را از پاریس انجام می داد و در آنجا هر چیزی که زیر میل ۴۰ درجه جنوبی بود در زیر افق او قرار می گرفت. در سال ۱۸۸۸ میلادی یک فهرست بسیار بزرگتر که فهرست نامه عمومی نوین سحابی ها و خوشه های ستاره ای(NGC) نامیده می شد منتشر شد. این فهرست بندی بعدها با آنچه فهرست ضمیمه (IC) نامیده می شود توسعه یافت. تا به امروز IC,NGC فهرست بندی های مهم سحابی ها، خوشه های ستاره‌ای و کهکشان ها هستند. نسخه های کنونی این فهرست بندی ها تمام آسمان را پوشش می دهند و اطلاعاتی در زمینهٔ ۱۳۰۰۰ جرم که همگی با اعداد NGC,IC مشخص شده‌اند را به نمایش می گذارند. علاوه بر این ها چند صد فهرست بندی نجومی خاص هم در دست استفاده هستند که انواع گوناگونی از اجرام، بخش های مختلفی از آسمان و نواحی مختلف طیف الکترومغناطیسی را پوشش می دهند. بسیاری از فهرست بندی ها اکنون به عنوان پایگاه داده های رایانه‌ای درآمده و از طریق اینترنت قابل دسترسی هستند.

NGC2841 یک کهکشان مارپیچی



NGC3079 کهکشانی که ازلبه دیده می شود.



فهرست نامه عمومی نوین ▲

بیش از ۱۵۰ جرم NGC (فهرست نامه عمومی نوین) در داخل صورت فلکی دب اکبر قرار می گیرند. دو تا ازآن ها در اینجا نشان داده شده اند که هر دو کهکشان های مارپیچی در ناحیه ای اطراف دست خرس بزرگ هستند که خیلی دور از ستاره تتا دب اکبر نیست.NGC2841 بازوهای ظریف و شدیدا مجروحی دارد که ستاره شناسان موفق به ثبت انفجارهای ابرنواختری بسیاری درون این ناحیه شده اند. NGC3079 دارای ناحیه مرکزی فعالی است که حبابی ناهمگون از گاز داغ با عرض ۳۵۰۰ سال نوری که با شکل گیری ستارگان رانده می شود از آن بر می خیزد.

فهرست نامه مسیه ▼

فهرست نامه مسیه در بردارندهٔ۵۷ خوشهٔ ستاره ای، ۴۰ کهکشان، یک باقیماندهٔ ابرنواختری (سحابی خرچنگی)، ۴ سحابی سیاره نما، ۷ سحابی پخشیده و یک ستارهٔ دوتایی است. از بین این اجرام فهرست نامه مسیه هشت تای آن ها درون صورت فلکی دب اکبر قرار می گیرند که پنج تای آن ها در اینجا نشان داده شده اند. هر یک از آن ها با یک حرف که با عددی دنبال می شود مشخص شده است. سحابی سیاره نمای M97 به عنوان سحابی بوف هم شناخته می شود. کهکشان های M81 و M82 در همسایگی یکدیگر در آسمان قرار دارند و با یک دوربین دوچشمی خوب می توان آن ها را به طور همزمان رویت کرد. M109 در نزدیکی ستاره گاما دب اکبر در هفت اورنگ قرار می گیرد.



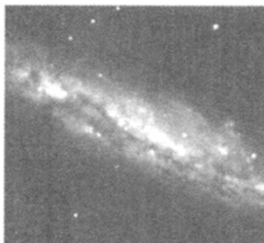
M82 یک کهکشان نامنظم



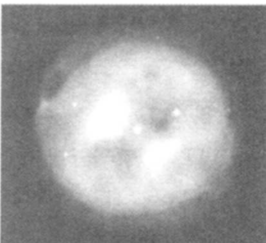
M81 یک کهکشان مارپیچی



M109 یک کهکشان مارپیچی میله دار



M108 یک کهکشان مارپیچی



M97 یک سحابی سیاره نما

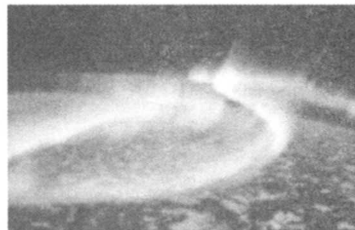


نورهایی در آسمان

همانند ستارگان، کهکشان ها، سحابی ها و اجرام منظومه شمسی، پدیده های دیگری هم می توانند موجب ظاهر شدن نورهایی در آسمان شب شوند.اساسا این پدیده‌ها ناشی از نور و یا ذرات ماده ای هستند که به روش‌های غیرمستقیم مختلفی از خورشید به زمین می‌رسند، اما برخی از آن ها هم به وسیله فرآیندهایی زمینی ایجاد می شوند. به هرحال آگاهی از این منابع شبانهٔ نور برای تمییز آن ها از پدیده های نجومی لازم است.

شفق

شفق های شمالی و جنوبی، هنگامی ظاهر می شوند که ذرات بارداری که به وسیله باد خورشیدی از خورشید به زمین می رسند، به وسیله میدان مغناطیسی زمین به دام می افتند. آنگاه آنان به سمت نواحی در بالای قطب های شمال و جنوب مغناطیسی شتاب گرفته و در آنجا ذرات گاز را در جو بالایی (۱۰۰ تا ۴۰۰ کیلومتر بالای سطح زمین) تحریک می کنند. شکل و محل شفق ها با توجه به باد خورشیدی تغییر می کند. اغلب اوقات این شفق ها در عرض های بالایی درنزدیکی قطب های معناطیسی زمین قابل مشاهده هستند، اما ممکن است در عرض های پایین تر هم دیده شوند. مثلا در هنگام اختلال های باد خورشیدی بعد از پرتاب ماده از خورشید چنین پدیده ای محتمل است.

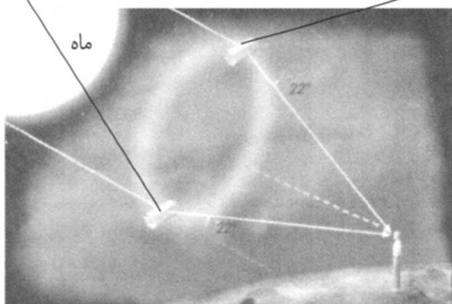


◄ شفق از شاتل فضایی

این تصویر از شفق جنوبی از شاتل فضایی دیسکاوری در طی ماموریتی در سال ۱۹۹۱ میلادی گرفته شده است. مطالعه ویژگی های شفق یکی از بخش های این ماموریت بود.

هاله های یخ

هاله های جوی بوسیلهٔ بازتاب نور توسط کریستال‌های یخ معلق در جو ایجاد می شوند. هم نور خورشید و هم نور ماه (که نور خورشید را بازتاب می‌دهد) می توانند هاله‌ها را به وجود بیاورند. معمول ترین هاله، حلقه ای از نور با شعاع ۲۲ درجه در اطراف ماه یا خورشید است. همچنین پاشیدگی‌های نوری به نام موندا‌گ (ماه کاذب) و ساتداگ (خورشید کاذب)، قوس‌ها و حلقه‌های نوری که به نظر می رسد از خورشید یا ماه گذر می کنند وجود دارند. همهٔ این پدیده‌ها از زاویه‌های یکسان بین وجوه کریستال‌های یخی جو ناشی می‌شوند. حتی اگر کریستال ها همگی همخط نشده باشند، تمایل دارند تا نور را در برخی جهت ها قوی تر از جهات دیگر منحرف کنند.



مشاهده هاله A22 ◄

این هاله هنگامی شکل می گیرد که کریستال های یخ موجود در جو، نوری که از ماه به ناظر روی زمین می رسد را با زاویه ی ۲۲ درجه می شکنند. یک پرتو نور هنگامی تحت این زاویه می شکند که از دو وجه یک کریستال یخ گذر می کند.



هاله و مونداگ ▲

این عکس که در آرکتیک کانادا گرفته شده چند پدیدهٔ شکستی را نشان می دهد. هاله های نور درهر دو طرف ماه که مونداگ (سگ ماه) نامیده می شوند، به وسیلهٔ کریستال های یخی افقی در جو ایجاد می شوند که نور را می شکنند. نواری از نور که از میان مونداگ ها می گذرد دایره ماه کاذب نامیده می شود. همچنین یک حلقهٔ هالهٔ ۲۲ درجه در تصویر قابل مشاهده است.

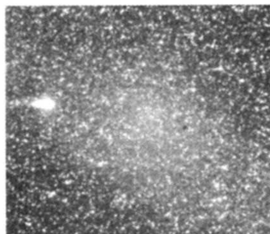
نور دایره البروجی

گاهی اوقات درخشش محوی قبل از طلوع در آسمان مشرق و به صورت اتفاقی بعد از غروب در آسمان مغرب قابل مشاهده است. این نور که نور دایره البروجی نام دارد با پراکندگی نور خورشید به وسیله ذرات غبار بین سیاره ای در صفحه منظومه شمسی یا همان صفحه دایره البروجی ایجاد می شود. ترکیب طول موج های این نور همانند طیف خورشید است. پدیده مرتبطی به نام پادتاب هم وجود دارد. این پدیده گاهی اوقات در یک آسمان تاریک و دور از هرگونه آلودگی نوری به صورت لکه ای بر روی کره سماوی، آن هم درست در نقطه مقابل موقعیت خورشید در آسمان قابل رویت است. گمان می رود که ذرات غبار موجود در فضا که باعث پدیده های نوردایره البروجی و پادتاب می شوند از برخورد سیارک ها و دنباله دارها شکل گرفته باشند و دارای قطری در حدود یک میلیمتر باشند.



◀ دیدن نور دایره البروجی

نور دایره البروجی واضح تر از همیشه درست قبل از طلوع خورشید در پاییز و به دور از هر گونه آلودگی نوری دیده می شود. این نور در نزدیکی افق است و تقریبا یک مثلث را به وجود می آورد.



◀ پادتاب

این درخشش حلقوی محو ، ۱۰ درجه پهنا دارد و اغلب در نیمه شب و در ناحیه ای در بالای افق شمالی (برای ناظران نیمکره شمالی) مشخص می شود.

ابرهای شب تاب

ابرهایی که در ارتفاع بسیار بالای جو زمین قرار دارند (در حدود ۸۰ کیلومتر ارتفاع)، می توانند تا مدت طولانی بعد از غروب خورشید با بازتاب نورخورشید بدرخشند. این ابرهای شب تاب بعد از غروب و یا قبل از طلوع دیده می شوند. تصور می شود که این ابرها از ذرات پوشیده از یخی تشکیل شده باشند که نور خورشید را بازتاب می کنند. ابرهای شب تاب اغلب بین عرض های ۵۰ و ۶۵ درجه شمالی و جنوبی دیده می شوند. این ابرها از ماه می تا آگوست در عرض های شمالی و از نوامبر تا فوریه در عرض های جنوبی قابل رویت هستند. ممکن است که این ابرها در دیگر عرض های جغرافیایی و دیگر زمان های سال هم شکل بگیرند.



◀ ابرهای درخشان

ابرهای شب تاب آبی نقره ای هستند و معمولا به صورت رگه های در هم آمیخته ای ظاهر می شوند. آن ها تنها در زمینه یک آسمان کمی روشن دیده می شوند. این ابرها بخشی از نورخورشید جو زمین را می گیرند.

افسانه ها و داستان ها

مشاهده یوفوها

هرساله گزارشاتی در مورد دیده شدن اجسام پرندهٔ ناشناخته، یا همان یوفو ها در رسانه ها منتشر می شود. بیشتر این موارد را می توان از ناآگاهی مردم عادی از پدیده هایی طبیعی همچون شهاب ها، شفق ها، ابرهای عجیب غریب یا اجسام ساخته دست بشر همچون ماهواره ها و هواپیماها به حساب آورد. البته به غیر از دلایل فوق، هنوز هم موارد توجیه ناپذیری از این اجسام دیده شده، وجود دارد. نادیده گرفتن احتمال اینکه این یوفوها ممکن است نشانه هایی از بازدیدکنندگان فرازمینی باشند کار علمی نخواهد بود، همانطور که پذیرفتن این فرض هم قبل از در نظرگرفتن توجیه های کمتر عجیب و غریب درست نیست.



◀ بشقاب پرنده ها

این جسم که شکل یک بشقاب پرنده را در نظر می آورد در واقع یک ابر عدسی است. ابرهایی این چنینی معمولا به وسیله حرکات عمودی هوا در حوالی دامنه ها یا قله های کوه ها شکل می گیرند.

نورها و برق های متحرک

پدیده های زیادی می توانند موجب نورها و برق های متحرک در گستره آسمان شوند. خطوط سریع نور احتمالا شهاب ها هستند که در واقع ذرات غباری می باشند که وارد جو زمین شده و شروع به سوختن می کنند. نوع دیگر که بزرگتر و اما بسیار کمیاب تر است یک آذرگوی می باشد که در واقع یک شهاب بزرگتر درحال سوختن است. نورهای با حرکت کندتر، پیوسته و یا چشمک زن به احتمال زیاد یک هواپیما، ماهواره و یا فضاپیمای در حال گردش هستند. برق های نور بزرگ معمولا تخلیه بارهای الکتریکی (آذرخش ها) مرتبط با تندرها هستند. درسال های اخیر هواشناسان دو نوع جدید از آذرخش ها را نامگذاری کرده اند: جن های قرمز و جت های آبی. هر دوی این ها تخلیه های الکتریکی بین قله های ابرهای تندر و یونیسفر بالای آن ها هستند.



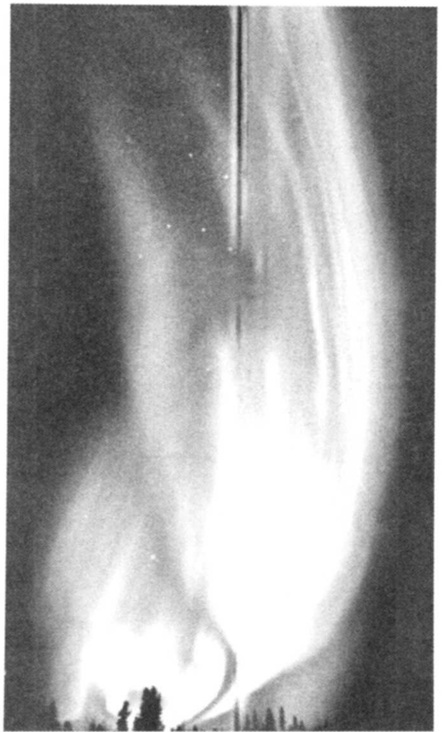
◀ جت های آبی

این تخلیه بارهای مخروطی شکل دارای ارتفاع ۵۰ تا ۶۰ کیلومتر و عرض ۱۰ کیلومتر در قله خود هستند. آذرخش در جو موجب یونیزه شدن اتم های نیتروژن جو شده و موجب می شود که آن ها با بازنشر نور درخشش آبی داشته باشند. درگذشته ممکن بود جت های آبی به عنوان یوفو گزارش شوند.



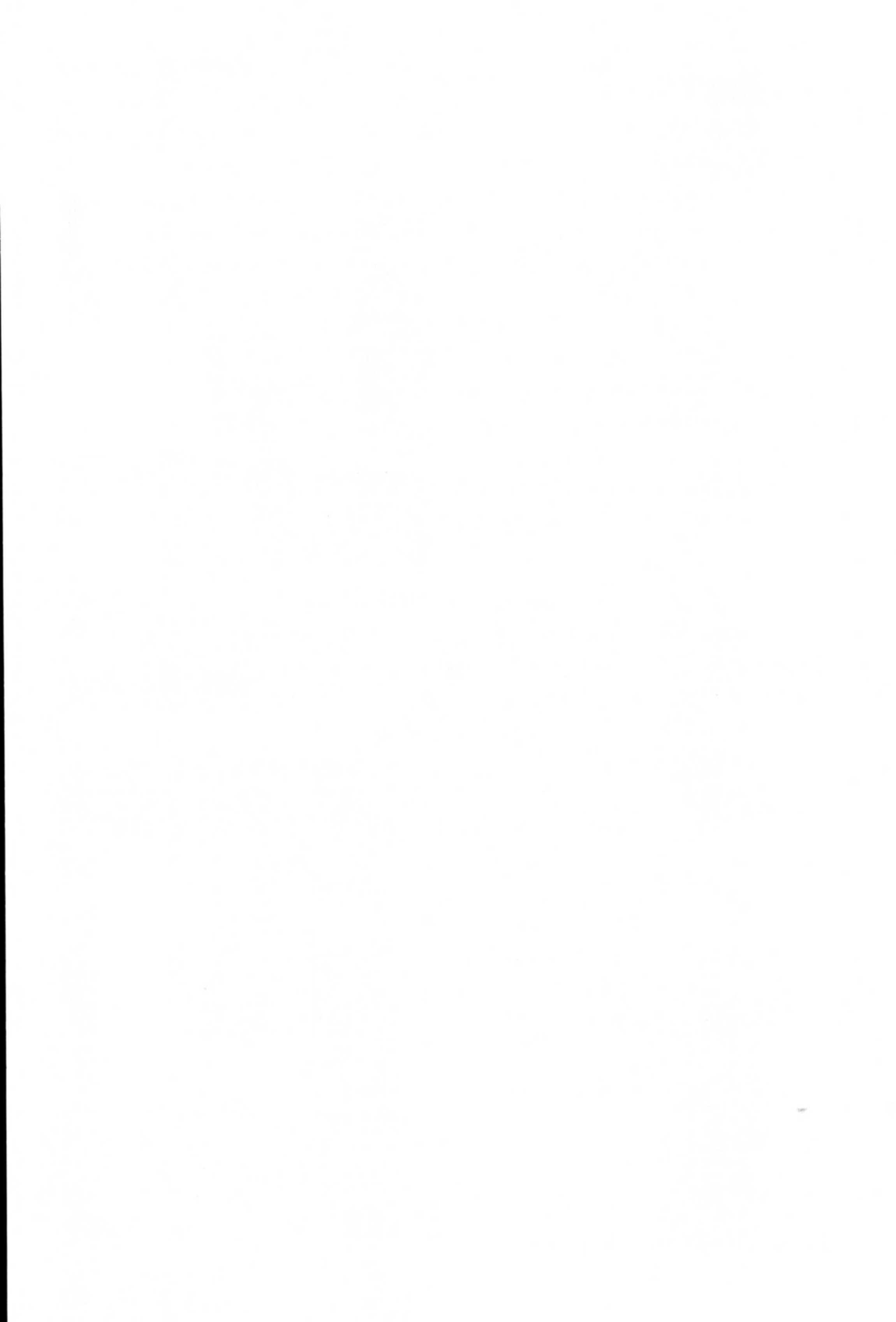
◀ مسیرایستگاه فضایی بین المللی

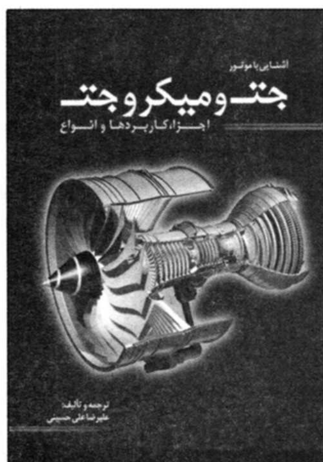
با گردش ایستگاه فضایی بین المللی به دور زمین، این ایستگاه از روی زمین قابل مشاهده می شود زیرا نور خورشید را بازتاب می کند. این تصویر از ایستگاه فضایی بین المللی با ۶۰ ثانیه زمان نوردهی دوربین گرفته شده و نشان می دهد که این فضاپیما با چه سرعتی در حال گذر از پهنه آسمان شب است.

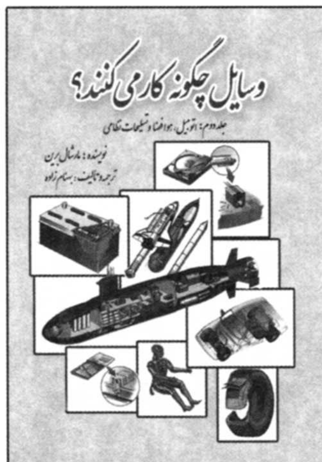


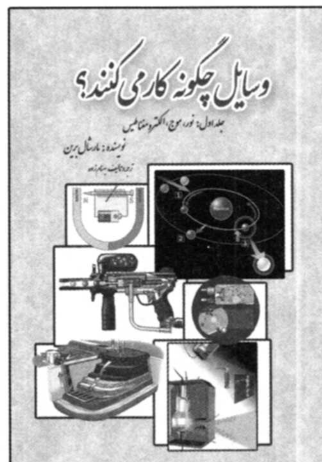
◀ شفق شمالی

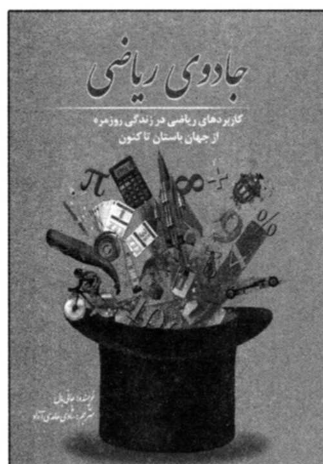
در اینجا نمایشی رنگارنگ از نورهای شمالی از فراز درخت های نزدیک فیربنکز در آلاسکا قابل مشاهده است. این رنگ ها از نشر نور بوسیله گازهای مختلف جوی ناشی می شوند.

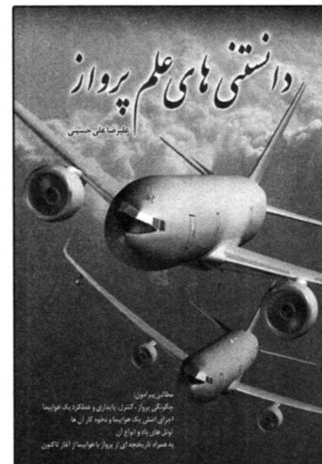


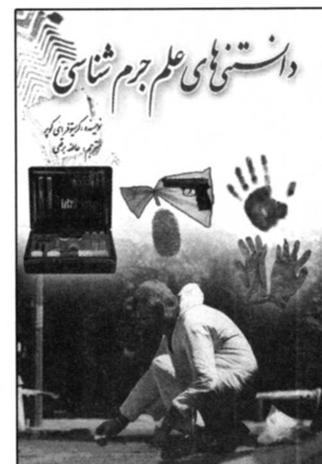

آشنایی با موتور
جت و میکرو جت
اجزا، کاربردها و انواع
ترجمه و تألیف:
علیرضا علی حسینی


وسایل چگونه کار می کنند؟
نویسنده: مارشال برین


وسایل چگونه کار می کنند؟
نویسنده: مارشال برین

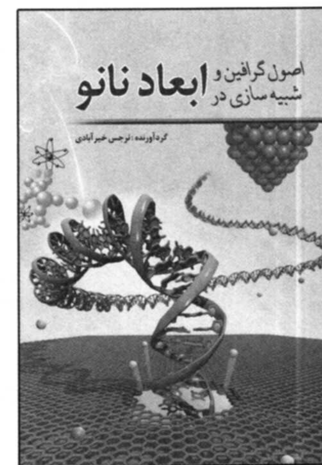

جادوی ریاضی
کاربردهای ریاضی در زندگی روزمره
از جهان باستان تاکنون


دانستنی های علم پرواز
علیرضا علی حسینی
مطالبی پیرامون:
چگونگی پرواز، کنترل، پایداری و عملکرد یک هواپیما
اجزای اصلی یک هواپیما و نحوه کار آن ها
تونل های باد و انواع آن
به همراه تاریخچه ای از پرواز با هواپیما از آغاز تاکنون


دانستنی های علم جرم شناسی


دانستنی های علم هوا، فضا


دانستنی های علم فیزیک


اصول گرافین و شبیه سازی در
ابعاد نانو
گردآورنده: نرجس خیرآبادی

ماورای راه شیری

نویسنده: مارتین ریس

مترجمین: زینب جوانشیری

محمد حسین پور عباس

دریچه‌ای به کیهان

دربر دارنده آخرین نظریات در مورد سیاه چاله ها

گنجینهٔ کیهانی

استیفن هاوکینگ - لوسی هاوکینگ

محمداکبر پور

امیر حسین فرجادنسب

آشنایی با کیهان

نویسنده: روبن کرو

مترجم: محمد حسین پور عباس

اسرار کیهان

اسرار فضانوردان باستانی

مرجع کامل نظریهٔ فضانوردان باستانی

با بیش از ۱۲۶ تصویر زیبا و بی‌نظیر

حیات در کیهان

نویسنده: مونیکا گریدی

مترجم: محمد رحیمی

دنیای ستارگان

"نگاهی به ساختار و تحول ستارگان در کهکشان راه شیری"

نویسنده: مارتین رس

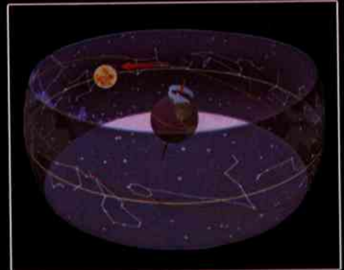
مترجم: امیر حسین فرجادنسب

اساطیر یونانی و صور فلکی

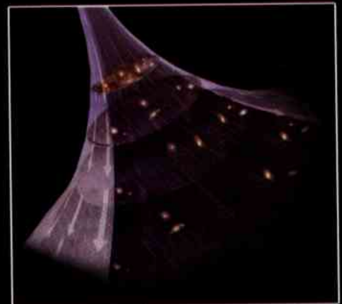
از مجموعه دانستنی‌ها / جلد ۴۱







کیهان متشکل از انرژی، فضا و ماده است. بخشی از مادهٔ موجود در عالم به صورت اتم های منفرد و یا مولکول های گازی ساده در فضا پراکنده شده و بخش دیگر به صورت جزیره هایی از مواد بر روی هم انباشته شده‌اند. این بخش ماده دسته‌ای از ذرات غبار گرفته تا ستاره غول و یا انفجارهایی که سیاه چاله ها را شکل می دهند را در برمی گیرد. گرانش، همهٔ این اجرام را به صورت ابرهای بزرگ و قرص هایی از مواد که به عنوان کهکشان ها شناخته می شوند؛ گردهم می‌آورد. کهکشان ها هم درون خوشه‌ها جای می گیرند و در نهایت بزرگترین اجرام آسمانی یعنی ابرخوشه ها را به وجود می‌آورند.



یکی از ویژگی های اساسی کیهان این است که در حال انبساط است. کیهان باید در حال انبساط باشد زیرا کهکشان‌های دوردست به سرعت از زمین دور می شوند و کهکشان های باز هم دورتر با سرعتی باز هم بیشتر در حال دورشدن هستند. با این فرض که کیهان همیشه در حال انبساط بوده است، باید روزگاری هم کوچکتر و هم چگالتر بوده باشد. واقعیتی که نظریهٔ انفجار بزرگ به عنوان خاستگاه کیهان را به قوت پشتیبانی می کند.



گرچه این امکان وجود دارد که کیهان برای همیشه ادامه یابد. اما تقریباً به طور حتم انواع ساختارهایی که امروزه در آن وجود دارند، از قبیل سیارات، ستارگان و کهکشان‌ها برای همیشه دوام نخواهند داشت. در آینده ای بسیار دور کهکشان ما و دیگر کهکشان‌ها یا تکه پاره شده و گرفتار مرگی مزمن ، طولانی و سرد خواهند شد و یا در فرآیندی برعکس انفجار بزرگ فشرده شده و خواهند رمبید. اینکه کدام یک از این سرنوشت ها در مورد کیهان اتفاق می‌افتد تا حد قابل ملاحظه ای به طبیعت انرژی تاریک بستگی دارد. این انرژی یک نیروی مرموز و خلاف گرانش است که اخیرا معلوم شده نقشی مهم در رفتار بزرگ مقیاس عالم بازی می کند.

ISBN 600-117-071-1
9786001170713

Designer: M.mirzaei

سبزان

انتشارات آمه